



Propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía fotovoltaico – caso I.E.D Sabio Mutis

**Andrea Viviana Poveda López
Jimmy Alexander Higuera Sacristán**

Universidad EAN
Facultad de Ingeniería
Maestría en Gerencia de Proyectos
Bogotá, Colombia
2023

Propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía fotovoltaico – caso I.E.D Sabio Mutis

**Andrea Viviana Poveda López
Jimmy Alexander Higuera Sacristán**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magister en Gerencia de Proyectos

Director (a):
Alfredo Antonio Uribe Arias

Modalidad:
Trabajo Dirigido – Consultoría Profesional

Universidad EAN
Facultad de Ingeniería
Maestría en Gerencia de Proyectos
Bogotá, Colombia

Nota de aceptación:

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Bogotá D.C. día - mes - año

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia en especial a mis padres Rosa María Sacristán y Hugo Higuera quienes me dieron la vida y fueron las personas que día a día con mucha paciencia, me incentivaron a estudiar y me apoyaron en cada paso de mi formación profesional.

Jimmy Higuera

A mi papá por su motivación y ejemplo, a mi mamá por su ayuda, y a mi sobrino por su tierna compañía.

Andrea Poveda.

Agradecimientos

Gracias a Dios por la salud y la sabiduría para iniciar y culminar este proceso académico.

Gracias a nuestras familias por su apoyo incondicional a lo largo de este reto, que hoy nos permite obtener este nuevo título.

Gracias a la Universidad, al plantel educativo y la comunidad en general.

¡Gracias!

Resumen

En este trabajo de grado se desarrolló una propuesta metodológica, para identificar, seleccionar e implementar la mejor alternativa para generar energía eléctrica, a partir de fuentes de energía renovables, y satisfacer así las necesidades energéticas de una Institución educativa, ubicada en el municipio de La Mesa – Cundinamarca.

En primera instancia, se realizó una inspección de la infraestructura del colegio, detallando la composición de cada bloque y la forma como se distribuye la asignación de energía al interior del mismo, posteriormente se determinó la demanda de energía, mediante el cálculo del consumo mensual, a partir de las facturas generadas por la compañía eléctrica, con el propósito de valorar los requerimientos de demanda energética.

Acto seguido, se procedió a realizar una investigación de las potencialidades energéticas en la zona, valorando las capacidades de varias fuentes de energía alternativa como la eólica, solar y biomasa, recolectando información oficial, a partir de datos históricos meteorológicos dispuestos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, para la identificación de la mejor fuente de energía renovable.

A la alternativa seleccionada, que para el caso de estudio es la solar, se le realizó un análisis multicriterio, para dos (2) tipos de sistemas de generación, utilizando una metodología de puntuación de criterios múltiples, considerando factores ambientales, tecnológicos, económicos y riesgos, los cuales fueron procesados con la utilización del software pvst, y con el concepto de un ingeniero electrónico experto.

Finalmente, se realizó una propuesta de la estructuración del proyecto, tomando como referencia la metodología del PMBOK en su sexta edición, explicando de forma práctica, los componentes de la dirección de proyectos, que se pueden tomar como referente para que las directivas de la institución, o cualquier otra institución educativa, implementen este tipo de proyecto.

Palabras clave: Energía solar, Fotovoltaica, Desarrollo sostenible, Ambiental, Demanda energética, Emisiones reducidas, institución educativa, análisis multicriterio.

Abstract

In this work, a methodological proposal was developed to identify, select and implement the best alternative to generate electricity, from renewable energy sources, and thus satisfy the energy needs of an educational institution, located in the municipality of La Mesa - Cundinamarca.

In the first instance, an inspection of the school infrastructure was carried out, detailing the composition of each block and the way in which the energy allocation is distributed within it, later the energy demand was determined, by calculating monthly consumption, from the invoices generated by the electric company, with the purpose of assessing the energy demand requirements.

Immediately afterward, an investigation of the energy potential in the area was carried out, assessing the capacities of various alternative energy sources such as wind, solar and biomass, collecting official information, based on historical meteorological data provided by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies IDEAM, for the identification of the best source of renewable energy.

The selected alternative, which for the case study is solar, underwent a multicriteria analysis, for two (2) types of generation systems, using multiple criteria scoring methodology, considering environmental, technological, economic and risks, which were processed using NASA's pvst software, and with the concept of an expert electronic engineer.

Finally, a proposal for the structuring of the project was made, taking as a reference the PMBOK methodology in its sixth edition, explaining in a practical way, the components of project management, which can be taken as a reference so that the directives of the institution, or any other educational institution, implement this type of project.

Keywords: Solar energy, Photovoltaics, Sustainable development, Environmental, Energy demand, Reduced emissions, educational institution, multicriteria analysis

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2.1 ANTECEDENTES.....	15
2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	17
2.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	17
3. OBJETIVOS.....	18
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. MARCO INSTITUCIONAL.....	20
5.1 CONTEXTO GEOGRÁFICO	20
5.2 EL SERVICIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	21
5.3 RESEÑA HISTÓRICA.....	22
5.4 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.....	24
5.4.1 Metas y valores institucionales	24
5.5 GOBIERNO ESCOLAR.....	27
6. MARCO CONTEXTUAL Y CONCEPTUAL	28
6.1 ENERGÍAS RENOVABLES	28
6.1.1 Energía Solar	29
6.1.2 Energía Eólica	31
6.1.3 Biomasa.....	31
6.2 HUELLA DE CARBONO	32
6.3 CONTEXTO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DE USO DE ENERGÍAS NO RENOVABLES EN INSTITUCIONES EDUCATIVAS.	34
6.3.1 Contexto Nacional.....	34
6.3.2 Contexto Internacional	35
6.4 MARCO NORMATIVO	37
6.5 ESTÁNDARES O ACUERDOS	38
7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	40
7.1 ESTRUCTURA DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO.....	41
7.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA GEOGRÁFICA DE ESTUDIO.	42
7.3 EXAMINACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA.....	43
7.3.1 Composición Bloque 1 “Laboratorios”.	45
7.3.2 Composición Bloque 2 “Aulas”.	46
7.3.3 Composición Bloque 3 “Comedor”.	47
7.3.4 Composición Bloque 4 “Preescolar”.	49
7.3.5 Composición Bloque 5 “Portería”.	50

7.4 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA	51
7.4.1 Consumo de Energía.	52
7.4.2 Costo de energía.	52
7.4.3 Huella de Carbono.....	53
7.5 POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA REGIÓN.....	57
7.5.1 Radiación solar	57
7.5.2 Energía Eólica.	59
7.5.3 Conclusión	62
7.6 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA A ANALIZAR.	63
7.6.1 Sistema fotovoltaico de montaje en techo fijo.	63
7.6.2 Sistema fotovoltaico con seguimiento de 1 eje.	63
7.6.3 Modelo de puntuación de criterios múltiples para los sistemas propuestos.	64
7.6.4 Resultados puntuación	67
7.6.5 Dimensionamiento de la Solución propuesta.....	70
8. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	73
8.1 DETERMINACIÓN DE COSTOS DE INVERSIÓN.	73
8.1.1 Costo de mantenimiento anual.....	74
8.1.2 Flujo de Caja e Indicadores Financieros	76
8.1.3 Retorno de la Inversión.....	79
8.1.4 Indicadores Financieros	81
8.1.5 Beneficios tributarios.....	81
8.2. CASO DE NEGOCIO	86
8.3. PLAN DE GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN DEL PROYECTO	88
8.3.1. Acta de Constitución del Proyecto.....	88
8.3.2. Ciclo de vida del proyecto.....	92
8.3.3. Enunciado del alcance	93
8.3.4. EDT (Estructura de Desglose de Trabajo)	96
8.3.5 Plan de gestión de los riesgos.....	97
8.3.5. Línea base del cronograma.....	108
8.3.6. Informes de Microsoft Project	109
9. CONCLUSIONES.....	112
10. REFERENCIAS.....	115

Lista de gráficas

Gráfica 1 Evolución Consumo Kwh/mes.....	52
Gráfica 2 Evolución costo pagado por mes.....	53
Gráfica 3 Radiación solar.....	59
Gráfica 4 Velocidad media mensual del viento (m/s).....	61
Gráfica 5 Resultado modelo de puntuación criterios y riesgos	68
Gráfica 6 Ciclo de vida del proyecto.....	92
Gráfica 7 EDT	96
Gráfica 8 Informe de flujo de caja	110
Gráfica 9 Informe de resumen de costos de los recursos	110
Gráfica 10 Informe de trabajo de los recursos	111

Lista de ilustraciones

Ilustración 1 Flujo de actividades para la aplicación del método multicriterio.....	42
Ilustración 2 Coordenadas Geográficas del Proyecto.	42
Ilustración 3 Ubicación geográfica de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.....	43
Ilustración 4 Fotografía satelital de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.	44
Ilustración 5 Plano de edificaciones de la Institución educativa Sabio Mutis.	44
Ilustración 6 Fotografías de la Estructura Bloque 1 “Laboratorios”.	45
Ilustración 7 Fotografías de la Estructura Bloque 2 “Aulas”.	47
Ilustración 8 Fotografías de la Estructura Bloque 3 “Comedor”.	48
Ilustración 9 Bloque 4.	50
Ilustración 10 Fotografías de la Estructura Bloque 5 “Portería”.....	51
Ilustración 11 Pantalla de inicio CERO CO2.....	54
Ilustración 12 Resultados calculadora CERO CO2.....	55
Ilustración 13 Atlas solar en Colombia.....	58
Ilustración 14 Intensidad de radiación solar.....	58
Ilustración 15 Atlas de viento y energía eólica de Colombia.....	60
Ilustración 16 Intensidad de radiación solar.....	60
Ilustración 17 Sistema techo fijo.....	63
Ilustración 18 Seguidor de 1 eje.....	64
Ilustración 19 Forms Sistema Fotovoltaico Fijo	69
Ilustración 20 Forms Sistema Fotovoltaico 1.....	69
Ilustración 21 Orientación sistema fijo	71
Ilustración 22 Parámetros Generales del sistema fijo	71
Ilustración 23 Panorámica de los techos de las edificaciones	72
Ilustración 24 Ubicación Paneles	72
Ilustración 26 Ecuaciones retorno de la Inversión	79
Ilustración 27 Línea base del cronograma	108

Lista de tablas

Tabla 1 Metas y valores Institucionales	25
Tabla 2 Calculadora de Carbono 2050.....	34
Tabla 3 Composición Bloque 1.....	45
Tabla 4 Composición Bloque 2.....	46
Tabla 5 Composición Bloque 3.....	48
Tabla 6 Composición Bloque 4.....	49
Tabla 7 Composición Bloque 4.....	49
Tabla 8 Composición Bloque 5.....	51
Tabla 9 Conclusión tipos de energía	62
Tabla 10 Criterios de Selección	65
Tabla 11 Riesgos	66
Tabla 12 Tabla de puntuación criterios y riesgos.....	67
Tabla 13 Resumen de la Solución propuesta de implementación.....	72
Tabla 14 Inversión inicial del proyecto.....	74
Tabla 15 Costo de mantenimiento anual.....	75
Tabla 16 Distribución costo total	75
Tabla 17 Parámetros financieros para los cálculos	76
Tabla 18 Flujo de Caja Proyectado	77
Tabla 19 Rendimientos retorno de la inversión	80
Tabla 20 Indicadores financieros	81
Tabla 21 Caso de negocio	86
Tabla 22 Fases del ciclo de vida del proyecto.....	93
Tabla 23 Enunciado del alcance.....	94
Tabla 24 Registro de Riesgos.....	100
Tabla 25 Matriz de Tolerancia y actitud de los Interesados hacia el riesgo.....	101
Tabla 26 Matriz de Probabilidad e Impacto.....	101
Tabla 27 Matriz de criticidad ponderada	102
Tabla 28 Mapa de calor.....	102
Tabla 29 Plan de respuesta a los riesgos	103

1. Introducción

Esta investigación busca desarrollar una propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía renovable, en una institución educativa caso I.E.D Sabio Mutis, con el propósito de optimizar su funcionamiento y reducir costos operativos.

Se abordó la problemática que afrontan la mayoría de las Instituciones educativas del país, relacionada con el impacto que genera, para el adecuado desarrollo de su servicio educativo, el consumo de energía eléctrica debido a que en muchas ocasiones en las decisiones de planeación y ejecución de recursos, este tipo de costos afecta el adecuado desarrollo de programas educativos por los altos costos de los servicios que conlleva por consiguiente se opta por disminuir el uso de equipos eléctricos en esta era digital, lo cual ocasiona detrimento en la calidad educativa.

A través de un proceso de investigación integral en varios campos del conocimiento, de carácter secuencial, se busca la identificar, seleccionar e implementar una solución de energía renovable que permita la optimización de recursos y costos para el desarrollo de los procesos educativos. Este método se desarrolló en los siguientes ámbitos (i) Investigación de potencialidades energéticas en la zona en la que se ubica la Institución Educativa (ii) Análisis multicriterio que permita seleccionar la mejor alternativa de un sistema de energía (iii) Diseño y estructuración de una propuesta metodológica para la implementación del sistema de energía seleccionado

Esta investigación aborda inicialmente el planteamiento del problema de investigación, para reconocer los antecedentes del mismo, así como los objetivos y la justificación que dan soporte a esta propuesta metodológica. También se incluye el marco teórico que involucra las diferentes fuentes sobre desarrollo sostenible y energías renovables a nivel Colombia e internacional, el marco institucional por su parte contextualiza a la Institución Educativa Sabio Mutis en el sector educativo en cuanto a su marco estratégico y su estructura organizacional. Finalmente, se muestra en la metodología de cómo se llevó a

cabo el desarrollo de la investigación de tipo descriptivo con análisis estadístico de resultados.

Por lo tanto de este estudio se puede concluir que es viable desarrollar una propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía renovable en las instituciones del sector educativo, teniendo en cuenta potencialidades energéticas en la zona, análisis multicriterio de los sistemas energéticos con opinión de expertos y la estructuración metodológica a partir del estándar PMBOK del proyecto, con el propósito de que esta metodología sirva de arquetipo para su implementación en cualquier institución educativa a nivel nacional.

2. Planteamiento del Problema

2.1 Antecedentes

Con base en el acuerdo de París, la participación mundial de las energías renovables se duplicará desde sus niveles de 2010 en alrededor del 36% para 2030. Uno de los elementos clave de esta transición es la gran inversión en energía solar y la consiguiente reducción sustancial de las importaciones de combustibles fósiles, lo cual es una oportunidad especialmente valiosa para los países en desarrollo. Se espera que la energía solar reduzca los costos generales de electricidad y ayude a mantener el medio ambiente más seguro y limpio. Adicionalmente en la mayoría de los mercados, la energía solar fotovoltaica (FV) o la eólica representan actualmente la fuente más barata de nueva generación de electricidad. Las tecnologías de energías limpias se están convirtiendo en un nuevo e importante ámbito para la inversión y generación de empleo, así como en un escenario dinámico de colaboración y competencia internacional. (World Energy Outlook, 2020)

Para el caso colombiano, según el plan de desarrollo 2011-2020 para las fuentes no convencionales de energía realizado por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, en gran parte de las zonas rurales se cuenta con el potencial para construir soluciones para el suministro de energía en los campos de la biomasa, fotovoltaica, eólica y micro centrales; especialmente si se dan por hecho los altos costos de instalación, operación y mantenimiento de la red convencional para las zonas apartadas, adicionalmente los sistemas fotovoltaicos son una buena opción para electrificación de sitios aislados de la red y dispersos, principalmente en las zonas rurales debido a sus características de sencillez, modularidad, fiabilidad y operatividad. (CORPOEMA, 2010).

Hay varios tipos de tecnologías solares que están disponibles actualmente, sin embargo, cada una de ellas se basa en conceptos metodológicos y ciencias diferentes en su aplicación y, adicionalmente, cada una de estas tecnologías tiene sus ventajas y desventajas propias de su campo, por lo tanto, el análisis y la comparación entre estas diferentes tecnologías nos

ayudarán a adoptar y seleccionar la más adecuada, eficiente y beneficiosa para implementar en la institución educativa, mediante un conjunto específico de requisitos y condiciones. En términos generales, los paneles solares fotovoltaicos no concentrados y concentrados solares son las dos tecnologías más maduras que han sido probadas e implementadas con mayor éxito y se espera que experimente un rápido crecimiento en el futuro, por lo que en el presente trabajo el énfasis estará en estas dos tecnologías. (Chu, 2011).

En Colombia, el Ministerio de Educación Nacional hizo un esfuerzo importante a través de la encuesta del Sistema Interactivo de Consulta de Infraestructura Educativa (SICIED), realizada a 7.168 sedes rurales en el 2014. Los resultados obtenidos señalan que la infraestructura educativa rural tiene una edad promedio de 37 años, que un 80% de las sedes no tienen red de gas, el 70% no cuenta con alcantarillado, el 50% están afectados por altas pendientes, el 40% no tienen acueducto, el 36% no cumplen con la relación de baterías sanitarias por estudiante (la norma técnica recomienda 20 estudiantes por batería sanitaria y en la ruralidad hay un promedio de 36 estudiantes por batería sanitaria), el 27% se inundan, el 21% cuentan con afectaciones por cables de alta tensión o subestaciones y el 13% no tienen energía. (Ministerio de Educación Nacional, 2020).

En este contexto, el Gobierno Colombiano mediante el Decreto 1285 de 2015 define la construcción sostenible como “aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo más eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación”. Ahora bien, este concepto llevado al diseño de edificaciones escolares se entiende como, garantizar la calidad de los espacios para que las personas actúen en condiciones de comodidad y seguridad y vivan en entornos sostenibles que contribuyan a su formación y en optimizar los procesos de construcción, operación y reutilización de sus componentes. (Ministerio de Educación Nacional, 2021).

Así mismo, en coherencia con la Guía Técnica Colombiana – GTC 223 para la elaboración de planes de infraestructura escolar, plantea el entendimiento del concepto de sostenibilidad de dos formas, por una parte, como la capacidad de funcionar con dependencia mínima de

fuentes energéticas no renovables, sin causar deterioro del ambiente; por otra, como la capacidad de funcionar por largos periodos sin requerir transformaciones físicas importantes, para lo cual los diseños deben permitir la flexibilidad en uso y la fácil adaptación de sus estructuras, o también, como la capacidad de operar con muy bajos costos de funcionamiento y mantenimiento (Ministerio de Educación Nacional, 2020).

2.2 Descripción del problema

Considerando el elevado consumo de energía eléctrica y la huella de carbono generada para el funcionamiento de las Instituciones Educativas, se identifica la necesidad de implementar medidas para reducir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, promoviendo el uso de energías renovables.

2.3 Pregunta de investigación

¿Puede la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis reducir la huella de carbono y los costos de funcionamiento, a partir de la implementación de un sistema de energía renovable?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía renovable en la I.E.D Sabio Mutis.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar en la literatura los referentes teóricos necesarios para la implementación de un sistema de energía fotovoltaico en una Institución educativa.
- Realizar una investigación de potencialidades energéticas en la zona en la que se ubica la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.
- Realizar un análisis multicriterio que permita seleccionar la mejor alternativa de un sistema de energía fotovoltaico para implementar en la I.E.D Sabio Mutis.
- Diseñar y estructurar una propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía fotovoltaico en la I.E.D Sabio Mutis, implementando procesos, prácticas recomendadas, terminología y directrices para la gestión de proyectos.

4. Justificación

Si bien, el uso de energía renovable como estrategia para la reducción del impacto ambiental del edificio, para este caso la I.E.D Sabio Mutis, no reduce su consumo energético, si aporta beneficios para el colegio y el medio ambiente, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del proceso de producción y transporte de la energía que se utiliza para su funcionamiento, la preservación de recursos no renovables (gas, petróleo), y reducción de los costos de operación del edificio, si se logra producir energía en el lugar (Unidad de Planeación Minero Energetica, 2015).

Adicionalmente esta propuesta metodológica está alineada con la aplicación de conceptos y metodologías para la dirección de proyectos, procesos, practicas recomendadas, terminología y directrices para una gestión de proyectos exitosa, tomando como referencia estándares internacionales en el marco de gerencia de proyectos, para cada etapa de la propuesta.

5. Marco institucional

5.1 Contexto Geográfico

El municipio de La Mesa se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca, con una superficie de 148 km², distribuidos en 2,75 km² para el casco urbano y el resto 145,25 km² para el área rural. A 1.220 metros sobre el nivel del mar, limita al norte con los municipios de Cachipay y Zipacón, por el sur con los municipios del Colegio y Anapoima, por el occidente con los municipios de Anapoima y Quipile y por el Oriente con los municipios de Tena y Bojacá, y al suroeste de Bogotá, a 69 km de distancia.

Su clima es variado, ya que posee los tres pisos térmicos, aunque el piso térmico frío se presenta solamente en una pequeña franja al Noreste del municipio, su temperatura promedio es de 21° centígrados. (Documento Técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2000)

Dentro del contexto regional, el municipio de La Mesa por ser cabecera de Provincia, se caracteriza por ofrecer a los municipios circunvecinos una serie de servicios Institucionales tales como el Registro, el Hospital Pedro León Álvarez, de tercer nivel de prestación de servicios, el Colegio Nacionalizado Francisco Julián Olaya y otros de cubrimiento a nivel de primaria y secundaria como el Liceo Tequendama y el Colegio Americano en la cabecera municipal y en cada inspección se localiza un colegio con el mismo cubrimiento que los colegios oficiales del casco urbano, una Universidad presencial que es la INCCA de Colombia y una semipresencial denominada Luis Amigó; se localizan instituciones educativas como el SENA entre otros; de tipo recreacional como el Coliseo Luis Carlos Galán Sarmiento, Estadio municipal, Centro Cultural, que en el futuro contará con un teatro, una excelente Biblioteca, la Concha Acústica y Plaza de toros. Cuenta además con una aceptable infraestructura vial, lo que concentra hacia el casco urbano a los habitantes del área rural y especialmente a los habitantes de las Inspecciones municipales, como también a los municipios circunvecinos. (Documento Técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2000)

5.2 El servicio de energía eléctrica

Según el artículo cuarto del acuerdo N° 003 de 2005, que modificó el artículo doce PLAN DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS del acuerdo N° 005 de 2000 Por el cual se adoptó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de La Mesa Cundinamarca, en lo que respecta al servicio de energía eléctrica, establece que este es prestado por la Empresa de Energía de Cundinamarca (CELGAC), y se tendrá en cuenta la futura prestación del servicio por la Empresa de Energía de Bogotá o de otras entidades que oferten y sea de beneficio para la comunidad.

La cobertura del servicio de energía eléctrica, según el Plan Básico de Ordenamiento Territorial alcanza un 97% en el sector urbano, mientras que en la parte rural alcanza un 85%. (Documento Técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2000)

De acuerdo con el Estudio de Factibilidad para el Mejoramiento del Servicio de energía eléctrica mencionado en el documento técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial, para cinco municipios incluida la Mesa, el servicio de energía que se presta actualmente es malo, según un 40% de la población encuestada. El 70% respondió que el atraso en los sectores comercial e industrial se debe a la deficiente prestación de este servicio, mientras el 55% considera que, mediante la prestación del servicio de energía, por otra empresa, este servicio se puede mejorar. (Documento Técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial, 2000)

5.3 Reseña Histórica

El día 25 de febrero de 2003, mediante la resolución No. 000339 se autorizó la puesta en ejecución de la propuesta del proyecto educativo institucional, para el funcionamiento de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis, ubicada en el municipio de La Mesa, departamento de Cundinamarca, para los niveles de preescolar, básica (ciclos básica primaria y básica secundaria) y media académica, establecimiento de naturaleza estatal, calendario A, de carácter mixto, y jornada única. Finalizando el año, y mediante resolución No. 004645 del 21 de noviembre, se logra la licencia de funcionamiento y reconocimiento oficial, para la prestación del servicio educativo formal, con profundización en Comercio (IED SABIO MUTIS, 2021).

La Institución Educativa Departamental Sabio Mutis sede principal, está ubicada actualmente en la calle 4A No. 26 – 21 Barrio la Esperanza, email: sabiomutis@yahoo.es, telefax 8470696, cuenta con un área aproximada de 27.000 metros cuadrados, limitando por el oriente con el Cementerio, por el occidente con el Barrio la Esperanza, por el norte con la autopista vía La Mesa, Anapoima y por el sur con el barrio La Esperanza hacia los predios del estadio la Bombonera. (IED SABIO MUTIS, 2021).

La comunidad de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis está conformada por padres de familia en su mayoría de estrato 1 y 2, un porcentaje bajo en estrato 3, al igual que algunos desplazados. El 40% de las familias están en cabeza de las madres, la mayoría de las familias presentan un nivel educativo en básica primaria. Por estas razones se espera que la institución se convierta en un plantel especializado que promueva la investigación y la formación empresarial como solución a la problemática que se presenta en la región, formando hombres y mujeres con sentido humanista, servidores activos de la comunidad, líderes comprometidos con la transformación del entorno, con responsabilidad investigativa, para actuar con certeza ante la conservación y cuidado de los recursos naturales, haciendo énfasis en el legado del Sabio Mutis y en su propia convicción personal. (IED SABIO MUTIS, 2021).

En infraestructura la institución cuenta con instalaciones en buen estado, la sede principal cuenta con 14 salones de clases, una biblioteca, una sala de informática, una sala de audio visuales, un laboratorio de física y química, tres baterías de baños para estudiantes y una para los docentes, una cancha deportiva central para el descaso y un área administrativa con una rectoría, una coordinación, una secretaria y un apoyo profesional, además un área de vigilancia. Las sedes anexas, cinco en total en el ciclo de básica primaria, son rurales, por lo que sus infraestructuras presentan características campestres propicias para el desarrollo de los niños en cada sector (IED SABIO MUTIS, 2021).

La comunidad educativa está integrada por un excelente grupo de personal directivo (2) un rector y una coordinadora, docentes (24), estudiantes (709), administrativos (3), auxiliares de servicios generales (2), celadores (2), y padres de familia, quienes son comprometidos y leales a los principios y valores que nuestra comunidad sabista persigue en la edificación de una sociedad más digna y justa.

La institución está orientada desde un modelo pedagógico auto estructurante, desarrolla sus procesos académicos desde las teorías del aprendizaje significativo, buscando garantizar mayores niveles de pensamiento, afecto y acción. Ejecutando prácticas pedagógicas activas que integran el conocimiento con la naturaleza y la vida; prestando un servicio educativo dirigido a los estudiantes de los estratos 1, 2 y 3 del sector urbano y rural del municipio, educándolos desde el desarrollo de sus dimensiones humanas, el medio ambiente, apoyando las manifestaciones culturales y artísticas, y promoviendo el deporte formativo y de alto nivel (IED SABIO MUTIS, 2021).

5.4 Estructura Organizacional

- **Misión**

La Institución Educativa Departamental Sabio Mutis pertenece al sector oficial y está ubicada en el Municipio de La Mesa, del departamento de Cundinamarca, ofrece un servicio educativo de calidad, para los niveles de Preescolar, Básica primaria, Secundaria y Media, formando bachilleres con alto nivel académico, que sean líderes constructores de paz, de acuerdo con una ética ciudadana pertinente para la comunidad, y apoyada en el enfoque pedagógico de aprendizaje significativo que responde a las necesidades del contexto, del mundo y del ambiente (IED SABIO MUTIS, 2021, pág. 10).

- **Visión**

En el año 2028 la I.E.D. Sabio Mutis se consolidará como líder en el departamento de Cundinamarca, en la educación de personas con principios y valores, que les permitan desempeñarse éticamente en su vida, contribuyendo con el desarrollo y la construcción de la paz en la sociedad. Apoyados en la pertinencia de nuestro modelo pedagógico, el seguimiento institucional, en donde la comunidad sea participe y corresponsable del proceso educativo de los estudiantes (IED SABIO MUTIS, 2021, pág. 10).

5.4.1 Metas y valores institucionales

La Institución Educativa Departamental Sabio Mutis, contempla en su Manual de Convivencia, las metas y valores institucionales, los cuales son el referente del trabajo que se desarrolla y se proyecta en la comunidad Sabista, con especial énfasis en el humanismo, la ciencia y el arte (IED SABIO MUTIS, 2021, pág. 10).

Tabla 1 Metas y valores Institucionales.

METAS INSTITUCIONALES	
Gestión Directiva	Cultivar el sentido de pertenencia e identidad Institucional en los miembros de la comunidad educativa, favoreciendo un clima escolar armónico soportado en la práctica de los valores institucionales y proyectado al cumplimiento de la misión educativa trazada.
Gestión académica	Promover la formación de una cultura académica y de la investigación científica mediante el aprendizaje significativo, para que los estudiantes enfrenten los retos y cambios que les exige la transformación constante de su entorno y alcanzar el mejoramiento en su calidad de vida.
Gestión administrativa y financiera	Favorecer la creación de ambientes de aprendizaje óptimos desde el mejoramiento continuo de la infraestructura educativa y la disponibilidad de los recursos pedagógicos.
Gestión de la comunidad	Forjar líderes con sentido humanista, emprendedores, capaces integrantes de la comunidad educativa para lograr el entendimiento, la autonomía y la trascendencia personal y colectiva.
VALORES INSTITUCIONALES	
Respeto	Es la capacidad de reconocer las diferencias, apreciar y valorar las cualidades, las opiniones y el tiempo de las personas con equidad y sin temor, teniendo presente sus valores, virtudes y metas, logrando así el fortalecimiento de las relaciones interpersonales. Lo anterior permite reconocer los derechos y opiniones de los demás y valorar la diferencia, hace posible dar el mismo trato que se quiere para sí mismo, por lo tanto, se convierte en el principio esencial para lograr la convivencia en armonía. En síntesis, es aceptar al otro, reconocerlo y no vulnerar sus derechos.
Responsabilidad	Es la capacidad para asumir las consecuencias de nuestros actos en el cumplimiento de los compromisos adquiridos a nivel personal y grupal, orientada hacia el logro de los objetivos institucionales y en el actuar conscientemente en beneficio de la comunidad. En este sentido se debe actuar buscando el interés colectivo más que el interés particular.

Excelencia	Es cumplir con calidad y rigurosidad los compromisos adquiridos dentro de la institución, de tal forma que el trabajo bien hecho, oportuno y eficaz hace parte del proceso, sin dejar de lado los valores que debe vivenciar todo ser humano.
Liderazgo	Es la forma de actuar brindando ideas a través del trabajo, logrando la participación integral y explotando al máximo las cualidades de cada persona, para desempeñar un buen trabajo en equipo con el fin de conseguir una meta común.
Sentido de pertenencia	Empeño individual y colectivo en lo concerniente con la institución, de tal forma que cada integrante ejerza sus funciones de acuerdo con los parámetros establecidos en el manual de convivencia.
Compromiso	El compromiso se manifiesta con la actitud y aptitud de entregar lo mejor de sí, para beneficio de la institución, por lo tanto, es ser fiel a sus convicciones, eficiente y eficaz en el cumplimiento de las obligaciones contraídas. Es la disposición de los integrantes de la comunidad sabista para asumir como propios y con actitud responsable el cumplimiento de los objetivos, la misión y la visión institucional, de tal manera que se consolide en beneficio colectivo para toda la comunidad.
Solidaridad	Sentido de cooperación mutua y desinteresada para alcanzar con entusiasmo y convicción, el mejoramiento de la calidad de vida de los integrantes de la comunidad educativa.
Honestidad	Actuar en forma correcta en lo que se dice, se piensa y en lo que se hace y que exista coherencia entre el saber, el hacer y el ser.
Sabiduría	Es la comprensión del ambiente, y del hombre, favoreciendo el crecimiento y la trascendencia de sí mismo y del otro.

Fuente: elaboración propia a partir del Manual de Convivencia de la I.E.D Sabio Mutis.

5.5 Gobierno escolar

El gobierno escolar es un cuerpo de comisionados a nombre de cada uno de los estamentos de la Comunidad Educativa identificados con el espíritu filosófico, la misión y visión del colegio, donde a través de los voceros de los estamentos constitutivos de la comunidad educativa se ejerce la representación en el gobierno y se presentan propuestas para la toma de decisiones de carácter administrativo, técnico, pedagógico y financiero.

Siguiendo los parámetros del Decreto 1860 de agosto 3 de 1994 se ha organizado el Gobierno Escolar a través de los siguientes órganos:

El Consejo Directivo: es la instancia directiva de participación de la comunidad educativa y de orientación académica y administrativa del establecimiento. Está conformado por el rector, dos representantes del personal docente, dos representantes de los padres de familia, un representante de los estudiantes, un representante de los exalumnos, un representante de los sectores productivos organizados por el ámbito local o subsidiario de las entidades que auspicien o patrocinen el funcionamiento del establecimiento educativo, y un representante de los administrativos según la actual normativa departamental (IED SABIO MUTIS, 2021, pág. 16).

El Consejo Académico: este órgano del gobierno escolar es el representante de la orientación pedagógica y académica de la institución (IED SABIO MUTIS, 2021, pág. 17)

El Rector: es el representante del establecimiento ante las autoridades educativas y ejecutor de las decisiones del gobierno escolar (IED SABIO MUTIS, 2021, pág. 17).

6. Marco contextual y conceptual

6.1 Energías renovables

Según la UPME, alrededor del 78 por ciento de la energía consumida en Colombia hoy en día proviene de fuentes fósiles, mientras que el 22 por ciento restante proviene de fuentes renovables. La disponibilidad local de recursos energéticos renovables no tradicionales - FNCER aún no utilizados, aunado a la reducción gradual de los costos asociados a su uso y al desarrollo de tecnologías relacionadas, hace aún mayor la integración de estos energéticos en la canasta energética nacional. adecuado. por sus posibles beneficios. (UPME, 2015)

Según el Foro Económico Mundial, Colombia ocupa el octavo lugar entre los diez países con mayor potencial para la producción de energías renovables no convencionales, gracias a su ubicación en la línea ecuatorial y a un piso térmico de diversos grados, lo que lo hace ideal para hidroeléctrica, eólica y campos de energía solar. (ICEX España Exportación e Inversiones, 2018)

En Colombia se consideran Fuentes No Convencionales de Energías Renovables – FNCER, la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la energía eólica, la solar, la geotérmica y la mareomotriz (ICEX España Exportación e Inversiones, 2018)

6.2 Tipos de energías renovables

A continuación, se definen diferentes tipos de energías renovables.

6.1.1 Energía Solar

Este sistema opera en la preparación de energía eléctrica y se caracteriza por permanecer conectado a la red de distribución en el área. Durante una radiación pequeña o cero, o que el generador no produce la energía que está buscando, la red es responsable de suministrar dicha energía. En caso contrario, cuando la radiación es mayor y la producción del generador está por encima de la demanda, dicha energía sobrante se vierte a la red de distribución. Los sistemas solares fotovoltaicos de este tipo consisten en un generador fotovoltaico, formado por una serie de paneles conectados entre sí y un inversor, que transforma la energía captada en forma de corriente continua en corriente alterna, la cual debe ser conectada a la red de acuerdo con sus especificaciones (Romero, 2016).

6.1.1.1 Radiación solar

La radiación solar se refiere a la energía electromagnética emitida por el sol, que se propaga por el espacio en forma de ondas electromagnéticas de varias longitudes. Esta radiación es esencial para la vida en la Tierra porque es responsable de la fotosíntesis en las plantas y proporciona el calor necesario para mantener una temperatura adecuada en la Tierra. En resumen, la radiación solar es la energía que nos llega del sol y es fundamental para el sostenimiento de la vida en nuestro planeta (UPME, 2015).

Con paneles solares, la luz solar se puede usar como energía. El propósito de este equipo es captar el sol y hacerlo energía eléctrica. El proceso de conversión se basa en el efecto fotoeléctrico, la capacidad de ciertos materiales para generar una corriente eléctrica cuando se exponen a la luz solar. Los paneles solares consisten en células fotovoltaicas, los componentes básicos responsables de convertir la energía solar en electricidad. Estas celdas están hechas de semiconductores como el silicio y transportan electrones y generan electricidad

Cuando los paneles solares están expuestos a la luz solar, los fotones de la radiación solar impactan las células fotovoltaicas, lo que genera una corriente eléctrica. Los paneles solares pueden estar conectados en serie para generar una mayor cantidad de energía, y pueden ser utilizados tanto en aplicaciones a pequeña escala, como en sistemas de generación de energía a gran escala.

A nivel internacional, la energía renovable ha ganado importancia y la radiación solar ha sido reconocida como un recurso clave para su generación. Varios países, como China, Estados Unidos, Japón, Alemania, España e Italia, han invertido en la instalación de paneles solares para aprovechar la energía del sol y reducir su dependencia de los combustibles fósiles. Estos países lideran la producción de energía solar y están aumentando su capacidad de energía solar para satisfacer sus necesidades de energía (Murcia, 2009).

En Colombia, la radiación solar es un recurso valioso debido a su ubicación geográfica cercana al ecuador, lo que le permite recibir radiación solar de alta intensidad durante todo el año. El gobierno colombiano ha reconocido el potencial de la energía solar y ha implementado políticas para promover las energías renovables, incluida la energía solar. Se han fijado objetivos ambiciosos para aumentar la capacidad de producción de energía renovable del país. A pesar del alto potencial solar de Colombia, quedan desafíos importantes en términos de infraestructura y adopción de tecnología solar. Uno de los mayores obstáculos es la falta de inversión en infraestructura y la falta de incentivos para el sector privado. Además, la tecnología solar aún no está ampliamente disponible en todas las regiones del país, y la falta de capacitación en instalación y mantenimiento de paneles solares es un obstáculo para el desarrollo de la energía solar en Colombia (Murcia, 2009).

6.1.2 Energía Eólica

La energía eólica se refiere a la tecnología y el uso del uso de energía cinética del viento para convertirla en energía eléctrica o mecánica. Sin embargo, el uso del parabrisas requiere la instalación de parques de generadores de viento en la tierra o en el mar público, lo que requiere docenas de turbinas eólicas que convierten la energía cinética en flujo de aire en energía eléctrica. Todo gracias al rotor gracias al rotor. Transforme la energía cinética en energía mecánica y convierta este generador de energía en esta energía en energía eléctrica. En Colombia existe un gran potencial eólico, de acuerdo con mediciones de la velocidad del viento realizadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) e investigaciones realizadas anteriormente: en la Costa Caribe, principalmente en el departamento de La Guajira y en algunas zonas en Santander, Boyacá y Huila .

En Colombia existe un gran potencial eólico, de acuerdo con mediciones de la velocidad del viento realizadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) e investigaciones realizadas anteriormente: en la Costa Caribe, principalmente en el departamento de La Guajira y en algunas zonas en Santander, Boyacá y Huila. (Pinilla, 2008)

6.1.3 Biomasa

De conformidad con la Ley 697 de 2001, “biomasa es cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos”. (Colombia C. d., Ley 697 de 2001, 2001)

La biomasa ha sido la principal fuente de energía para la humanidad hasta el comienzo de la revolución industrial, cuando pasó a un segundo plano debido al uso generalizado de

combustibles fósiles. La fuente de energía de la biomasa pueden ser los animales y las plantas, que se pueden obtener de forma natural o transformadas artificialmente mediante centrales eléctricas de biomasa. Esta sustancia se convierte en energía a través de varios procesos químicos. (Fundación endesa, 2022)

Ahora bien, una central de biomasa es una instalación industrial diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos, para producir energía eléctrica se aplica combustión o gasificación y se pueden obtener potencias de hasta 50MW. (Fundación endesa, 2022)

6.2 Huella de Carbono

Una huella de carbono se refiere a la cantidad de gases de efecto invernadero liberados a la atmósfera como resultado de una actividad específica, como la producción de bienes o los viajes. A nivel internacional, la huella de CO₂ es un tema clave en la lucha contra el cambio climático, ya que los países que emiten grandes cantidades de gases de efecto invernadero contribuyen significativamente al calentamiento global. El Acuerdo de París de 2015 se creó para limitar el aumento de la temperatura global a 2 grados centígrados, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero (UNFCCC, 2015).

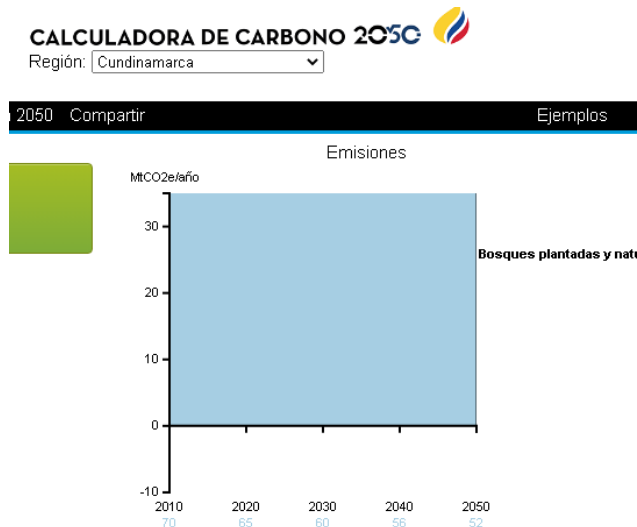
En Colombia, la huella de carbono también es un tema de gran importancia debido a la vulnerabilidad del país al cambio climático, resultado de su ubicación geográfica y dependencia de los recursos naturales. De acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, los principales emisores de gases de efecto invernadero en el país son el sector energético, el sector industrial y el transporte. Como respuesta a esta situación, el gobierno colombiano ha establecido objetivos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el país, incluyendo una reducción del 51% para 2030 (Gómez, 2016).

Los países pueden disminuir su huella de carbono a través de la implementación de políticas y tecnologías que fomenten la producción y el consumo de energía renovable, así como la eficiencia energética. Estas medidas pueden incluir el uso de fuentes de energía renovable como la solar y la eólica, la promoción del transporte sostenible y la implementación de prácticas de producción más limpias en el sector industrial.

En Colombia, se han establecido diversos programas y políticas para reducir la huella de carbono, como el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, el cual incluye objetivos para transitar hacia una economía baja en carbono, y el Programa de Agricultura Sostenible y Cambio Climático, que tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agrícola. Además, existen iniciativas impulsadas por la sociedad civil y empresas privadas para promover la sostenibilidad ambiental y reducir la huella de carbono en Colombia (MADS, 2018).

Se consultó la información disponible en el Sistema de Información Ambiental de Cundinamarca (SIAC), sobre las emisiones de gases de efecto invernadero en el departamento de Cundinamarca, utilizando la herramienta web “Calculadora de Carbono 2050” la cual proyecta diferentes escenarios de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), causantes del cambio climático, como se puede observar en la siguiente imagen.

Tabla 2 Calculadora de Carbono 2050



Fuente: Sistema de Información Ambiental de Cundinamarca (SIAC)

6.3 Contexto de la solución del problema de uso de energías no renovables en Instituciones Educativas.

6.3.1 Contexto Nacional

En Colombia, el problema del uso de energías no renovables en instituciones educativas ha sido objeto de mayor atención en los últimos años. Con el aumento de la conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de una transición energética, muchas instituciones educativas del país están adoptando medidas para reducir su consumo de energías no renovables y aumentar la eficiencia energética en sus instalaciones.

Una de las soluciones adoptadas en algunas instituciones educativas es la instalación de paneles solares. Varias universidades y colegios han instalado paneles solares en sus techos para generar su propia energía limpia y reducir su dependencia de las energías no

renovables. Además, también se han adoptado medidas para reducir el consumo de energía, como la implementación de iluminación LED y sistemas de aire acondicionado y calefacción eficientes (Osorio, 2020).

Otra solución adoptada por algunas instituciones educativas es la promoción de la educación ambiental y la sostenibilidad entre los estudiantes y el personal docente. Esto incluye la implementación de programas educativos sobre el cambio climático, la sostenibilidad y la energía renovable, así como la creación de grupos estudiantiles que trabajan en proyectos ambientales y de sostenibilidad en el campus. Estos programas fomentan un cambio cultural y una mentalidad más sostenible, así como la generación de soluciones innovadoras para reducir el consumo de energías no renovables en el campus (Díaz, 2021).

En conclusión, la solución al problema del uso de energías no renovables en instituciones educativas de Colombia se ha alcanzado mediante medidas como la instalación de paneles solares, la adopción de medidas para reducir el consumo de energía y la promoción de la educación ambiental y la sostenibilidad entre los estudiantes y el personal docente. Estas medidas no solo reducen la huella de carbono de las instituciones educativas, sino que también fomentan la conciencia sobre el cambio climático y la necesidad de una transición energética hacia fuentes de energía renovable.

6.3.2 Contexto Internacional

El uso de energías no renovables en instituciones educativas es un problema en países de Europa y América Latina que ha recibido cada vez más atención en los últimos años. En Europa, muchas instituciones educativas han adoptado medidas para reducir su consumo de energías no renovables y aumentar la eficiencia energética en sus instalaciones. En

España, por ejemplo, algunas universidades han implementado la energía solar fotovoltaica en sus instalaciones, y se han adoptado medidas como la instalación de iluminación LED y la implementación de sistemas de aire acondicionado y calefacción eficientes. En Alemania, se han desarrollado programas para incentivar la implementación de energía renovable en instituciones educativas, y se han establecido objetivos de reducción de emisiones de carbono en estas instituciones (Singh, 2020).

En América Latina, el problema del uso de energías no renovables en instituciones educativas es especialmente relevante debido a la dependencia de muchos países de combustibles fósiles para la generación de energía. En Colombia, por ejemplo, como se mencionó anteriormente, se ha prestado más atención al problema del uso de energías no renovables en instituciones educativas en los últimos años. Se han adoptado medidas como la implementación de paneles solares, la instalación de iluminación LED y la promoción de la educación ambiental y la sostenibilidad entre los estudiantes y el personal docente. En México, se han desarrollado iniciativas para promover la implementación de energías renovables en instituciones educativas, como la creación de un programa de financiamiento para la instalación de paneles solares en escuelas (Singh, 2020).

En resumen, el problema del uso de energías no renovables en instituciones educativas es relevante tanto en Europa como en América Latina. En ambos casos, se han adoptado medidas para reducir el consumo de energías no renovables y aumentar la eficiencia energética en las instalaciones educativas. Estas medidas incluyen la implementación de energía solar fotovoltaica, la instalación de iluminación LED y la promoción de la educación ambiental y la sostenibilidad entre los estudiantes y el personal docente. A pesar de las diferencias en los enfoques y medidas adoptadas en diferentes países, el objetivo final es el mismo: contribuir a la lucha contra el cambio climático y fomentar la transición hacia fuentes de energía renovable en todas las instituciones educativas.

6.4 Marco Normativo

En este numeral se realiza un resumen del marco normativo aplicable en Colombia, en relación con las energías renovables.

Para empezar, tenemos la **Ley 629 del 2000**, por medio de la cual el Congreso de la República de Colombia, aprueba el “Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático”, hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997. (Ley 629 de 2000).

El 16 de julio de 2013, el Congreso de la República de Colombia, aprueba la **Ley 1665 de 2013**, por medio de la cual se aprueba el “Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA)” hecho en Boon, Alemania, el 26 de enero de 2009. (Ley 1665 de 2013, 2013), de esta manera el país adquiere compromisos con las energías renovables, la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero – GEI y la gestión eficiente de la energía.

Posterior a esto, con la **Ley 1715 de 2014** por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Según el Artículo 2º de esta ley, “su finalidad es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) mediante la Ley 1665 de 2013”. (Colombia C. d., Ley 1715 de 2014, 2014)

Finalmente, se cuenta con la **Ley 2099 de 2021**, por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones. El Artículo 1º de esta ley, establece como objeto “modernizar la legislación vigente y dictar otras disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país y, en general dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible”. (Colombia C. d., Ley 2099 de 2021, 2021)

Entre los aspectos que se modifican con esta ley, vale la pena resaltar el Artículo 12 que adiciona un numeral al artículo 19 de la Ley 1715 de 2014, con el siguiente texto: “8. El Gobierno nacional fomentará la autogeneración fotovoltaica en edificaciones oficiales, especialmente, dedicadas a la prestación de servicios educativos y de salud”. (Colombia C. d., Ley 2099 de 2021, 2021)

6.5 Estándares o Acuerdos

Acuerdo de París. El Acuerdo de París, rige a partir de 2020 y pretende mantener el aumento de la temperatura global muy por debajo de los 2°C, aumentando la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promoviendo la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de carbono. Para lograr las metas acordadas, el Acuerdo de París establece un marco de transparencia reforzado que tiene como fin fomentar la confianza mutua y promover la aplicación efectiva del Acuerdo, aumentando la claridad y facilitando el seguimiento de los progresos realizados. (Naciones Unidas CEPAL, 2016)

Protocolo de Kyoto. El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático entró en vigor en el 2005. El protocolo establece metas vinculantes de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para los países

industrializados, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones que hay actualmente en la atmósfera y bajo el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas. (Naciones Unidas CEPAL, 2016)

7. Diseño metodológico

El diseño metodológico inicia con un diagnóstico inicial, para determinar el consumo energético actual de la institución educativa, identificando los principales consumos de energía y el tipo de energía utilizada. Además, analiza la viabilidad técnica y económica de la implementación de energías renovables en la institución, considerando factores como la ubicación geográfica, la disponibilidad de recursos naturales, las condiciones climáticas y la infraestructura existente.

Posteriormente se diseña el proyecto de energías renovables de acuerdo a las necesidades y características de la institución educativa. En este sentido, se establecen los objetivos del proyecto, definir los equipos y tecnologías que se utilizarán, así como también las características del sistema de almacenamiento y distribución de energía renovable. Asimismo, se deben identificar los riesgos y metas financieras a alcanzar con la implementación del proyecto.

Finalmente se propone los instrumentos a utilizar para la implementación y puesta en marcha. Asimismo, se propone recursos para establecer protocolos de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la continuidad del suministro de energía renovable.

Finalmente, se mide el impacto en la reducción del consumo de energías no renovables, como la huella de carbono de la institución educativa. A partir de los resultados obtenidos, se pueden identificar áreas de mejora y oportunidades para optimizar el funcionamiento del sistema de energías renovables.

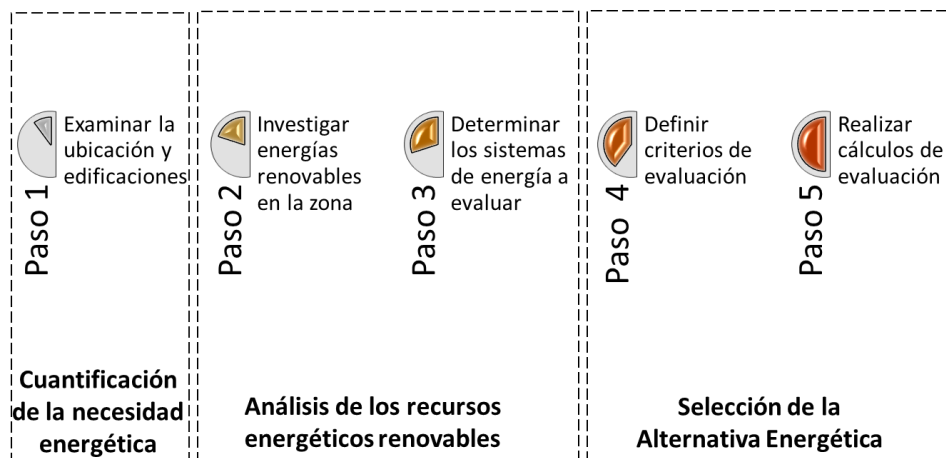
7.1 Estructura del Análisis Multicriterio

La toma de decisiones racionales, para la implementación de sistemas de suministro de energía renovable, representa complejas dificultades relacionadas con la pertinencia, la planificación, la gestión y la economía para los involucrados y partes interesadas, por esta razón los métodos de análisis de decisión multicriterio, se han vuelto cada vez más populares para la toma de decisiones de implementación de este tipo de sistemas de energía renovable, debido a que permite ponderar de forma objetiva varios criterios y de esta manera seleccionar la mejor alternativa de inversión (SEDDIKI, 2019).

El método propuesto en este trabajo, en primer lugar, selecciona un conjunto preliminar de alternativas de energía renovables para generar electricidad, y a su vez un conjunto de criterios recomendados metodológicamente, de esta manera se investiga preferencias e incertidumbres de cada alternativa de energía opcional, y se establecen métodos de ponderación para facilitar la selección y evaluación de la mejor alternativa de energía renovable para el presente caso de estudio.

El análisis multicriterio, propuesto se realizará en cinco pasos: (i) Se realiza el examen de las edificaciones poniendo en evidencia su ubicación, organización interna, plantas, secciones, área de los edificios y la estimación del consumo de electricidad. (ii). Se investiga la disponibilidad de recursos energía renovable en la ubicación, con el propósito de considerar la potencialidad solar, eólica y biomasa (iii). Se realiza un estudio técnico de los componentes tecnológicos de los sistemas de suministro de energía renovable factibles a implementar (iv). Se define el conjunto de criterios, y métodos de ponderación (v). y finalmente se realiza el cálculo de resultados y selección de la mejor alternativa de inversión (SEDDIKI, 2019).

Ilustración 1 Flujo de actividades para la aplicación del método multicriterio.



Fuente: Elaboración propia.

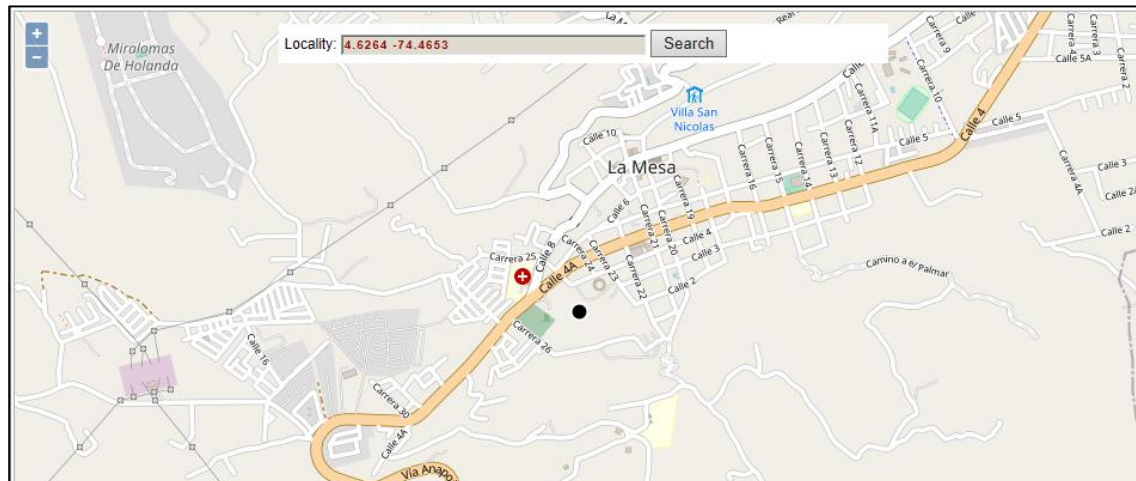
7.2 Descripción de la zona geográfica de estudio.

La Institución educativa sabio mutis, se ubica en el departamento de Cundinamarca, Su posición geográfica es en el centro de Colombia 4°37'35''N 74°27'53''W (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2014) el PIB departamental es sensible al comportamiento de los sectores industria, agro, pecuario y servicios a las empresas, estos sectores han sido los principales motores del crecimiento económico del departamento, pero se debe resaltar que el único sector con capacidad para generar un crecimiento sostenido del PIB departamental es la industria; los demás sectores generan un crecimiento irregular (Fedesarrollo, 2010).

Ilustración 2 Coordenadas Geográficas del Proyecto.

	Decimal		Grad.	Min.	Seg.	
Latitud	4.6270	[°]	4	37	37	(+ = Norte, - = Hemisferio Sur)
Longitud	-74.4652	[°]	-74	27	54	(+ = Este, - = Oeste de Greenwich)
Altitud	1244		M por encima del nivel del mar			

Fuente: Software PVSyst 1

Ilustración 3 Ubicación geográfica de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.

Fuente: Software PVSyst

7.3 Examinación de la infraestructura.

La construcción de la institución educativa sabio mutis fue un proyecto de infraestructura educativa, requerido por el Fondo de Financiamiento de la Infraestructura Educativa - FFIE, cuenta especial del Ministerio de Educación Nacional, en desarrollo del plan nacional de infraestructura educativa, su diseño se determinó a partir de la estrategia de ‘Colegios 10’ de jornada única, la cual establece componentes mínimos como laboratorios de tecnología, física, química, ciencia y bilingüismo, aulas equipadas de secundaria y media, canchas deportivas, comedor, entre otros (FIFE, 2016).

Ilustración 4 Fotografía satelital de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.



Fuente: Google Earth

Desarrollado por la Constructora COLPATRIA S.A, La infraestructura construida, fue entregada a comienzos del año 2021, y está compuesta por cinco (5) edificaciones o bloques con la siguiente asignación: (1) Laboratorios, (2) Aulas (3) Comedor (4) preescolar (5) portería, ver Ilustración 5 (Anexo A):

Ilustración 5 Plano de edificaciones de la Institución educativa Sabio Mutis.



Fuente: Planos constructora Colpatría. (Anexo A)

7.3.1 Composición Bloque 1 “Laboratorios”.

Esta estructura está destinada para desarrollar ambientes relacionados con tecnología y laboratorios de ciencias naturales, como se relaciona a continuación, y tiene un área de 542,8 m² (Anexo B).

Tabla 3 Composición Bloque 1

Bloque	Piso	Áreas
1	1	(1) Un Centro de Recursos
		(1) Un Laboratorio
		(1) Sala de Tecnología

Fuente. Inventario por espacios entrega ETC.

La electricidad se utiliza para principalmente en los siguientes aspectos:

- **Luminarias.** Proporcionar iluminación a 38 lámparas al interior de la estructura, 17 lámparas tipo tortuga para la fachada y 6 bombillas de salida.
- **Equipos de eléctricos.** 39 tomas para corriente Normal, 12 tomas para Corriente Regulada y 2 tomas para equipos de voz y datos

Ilustración 6 Fotografías de la Estructura Bloque 1 “Laboratorios”.



Fuente. Registro fotográfico elaboración propia.

7.3.2 Composición Bloque 2 “Aulas”.

Esta estructura está destinada para desarrollar los ambientes educativos de formación en básica primaria y secundaria, contiene 2 pisos, 15 aulas, 3 escaleras y 1 ascensor. Las aulas se distribuyeron seis (6) en el primer piso y nueve (9) en el segundo piso y tiene un área de 1.115,29 m², como se relaciona a continuación (Anexo B).

Tabla 4 Composición Bloque 2.

Bloque	Piso	Áreas
2	1	(6) Seis Aulas: 101, 102, 103, 104, 105 y 106
		(7) Siete Baños estudiantes: Mujeres (3), Hombres (2), Discapacitados (1) y Admon (2)
		(1) Un salón taller de dibujo
		(1) Una Sala de profesores
		(1) Un Ascensor
		(1) Cuarto eléctrico
		(2) Dos Cuartos de aseo
		(1) Un Almacén de materiales
	2	(9) Nueve Aulas 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208 y 209
		(4) Baños: Hombres (2), Mujeres (2)
		(1) Un Almacén de materiales

Fuente. Inventario por espacios entrega ETC.

La electricidad se utiliza para principalmente en los siguientes aspectos:

- **Luminarias.** Proporcionar iluminación a 159 lámparas al interior de la estructura, 28 lámparas tipo tortuga para la fachada y 27 bombillas de salida.
- **Equipos de eléctricos.** 125 tomas para corriente Normal, 44 tomas para Corriente Regulada y 8 tomas para equipos de voz y datos

Ilustración 7 Fotografías de la Estructura Bloque 2 “Aulas”.



Fuente. Registro fotográfico elaboración propia.

7.3.3 Composición Bloque 3 “Comedor”.

Esta estructura está destinada para desarrollar los ambientes de alimentación a los estudiantes, contiene 1 piso, en esta área se distribuye zonas para comedor, cocina, baños y cuartos de almacén y tiene un área de 545,47 m², como se relaciona a continuación (Anexo B).

Tabla 5 Composición Bloque 3

Bloque	Piso	Áreas
3	1	(1) Una Zona Comedor
		(3) Baños: (1) Baño Mixto (1) Mujeres cocina y (1) Hombres cocina
		(1) Una Cocina
		(1) Un Cuarto electrico
		(1) Un Cuarto de Basura

Fuente. Inventario por espacios entrega ETC.

La electricidad se utiliza principalmente en los siguientes aspectos:

8. **Luminarias.** Proporcionar iluminación a 35 lámparas al interior de la estructura, 25 lámparas tipo tortuga para la fachada y 19 bombillas de salida.
9. **Equipos de eléctricos.** 32 tomas para corriente Normal, 1 toma para Corriente Regulada y 1 toma para equipos de voz y datos

Ilustración 8 Fotografías de la Estructura Bloque 3 “Comedor”.



Fuente. Registro fotográfico elaboración propia.

7.3.4 Composición Bloque 4 “Preescolar”.

Esta estructura está destinada para desarrollar los ambientes preescolares, rectoría y enfermería, tiene un área de 310,99 m², como se relaciona a continuación (Anexo B).

Tabla 6 Composición Bloque 4.

Bloque	Piso	Áreas
4	1	(3) Aulas de Preescolar A, B y C
		(5) Cinco Baños: Preescolar (3), Rectoría (1), Discapacitados (1)
		(1) Una Sala Rectoría
		(1) Una sala de Enfermería
		(1) Sala de Bienestar escolar
		(1) Un Cuarto eléctrico

Fuente. Inventario por espacios entrega ETC.

La electricidad se utiliza principalmente en los siguientes aspectos:

- **Luminarias.** Proporcionar iluminación a 32 lámparas al interior de la estructura, 17 lámparas tipo tortuga para la fachada y 11 bombillas de salida.
- **Equipos eléctricos.** 24 tomas para corriente Normal, 15 tomas para Corriente Regulada y 7 tomas para equipos de voz y datos
-

Esta estructura está destinada para desarrollar los ambientes preescolares, rectoría y enfermería, tiene un área de 310,99 m², como se relaciona en el (Anexo B).

Tabla 7 Composición Bloque 4

Bloque	Piso	Áreas
4	1	(3) Aulas de Preescolar A, B y C
		(5) Cinco Baños: Preescolar (3), Rectoría (1), Discapacitados (1)
		(1) Una Sala Rectoría
		(1) Una sala de Enfermería
		(1) Sala de Bienestar escolar
		(1) Un Cuarto eléctrico

Fuente. Inventario por espacios entrega ETC.

La electricidad se utiliza para principalmente en los siguientes aspectos:

- **Luminarias.** Proporcionar iluminación a 32 lámparas al interior de la estructura, 17 lámparas tipo tortuga para la fachada y 11 bombillas de salida.
- **Equipos eléctricos.** 24 tomas para corriente Normal, 15 tomas para Corriente Regulada y 7 tomas para equipos de voz y datos.

Ilustración 9 Bloque 4.



Fuente. Registro fotográfico elaboración propia.

7.3.5 Composición Bloque 5 “Portería”.

Esta estructura está destinada para desarrollar el espacio de seguridad y acceso a las instalaciones (Anexo B).

Tabla 8 Composición Bloque 5

Bloque	Piso	Áreas
5	1	(1) Una Portería
		(1) Un Baño
		(1) Un Cuarto de bombas
		(1) Una Subestación

Fuente. Inventario por espacios entrega ETC.

La electricidad se utiliza para principalmente en los siguientes aspectos:

- **Luminarias.** Proporcionar iluminación a 7 lámparas al interior de la estructura, 6 lámparas tipo tortuga para la fachada y 7 bombillas de emergencia.
- **Uso equipos de eléctricos.** 3 tomas para corriente Normal

Fotografías de la Estructura Bloque 5 “Portería”.

Ilustración 10 Fotografías de la Estructura Bloque 5 “Portería”.



Fuente. Registro fotográfico elaboración propia.

7.4 Estimación de la demanda energética

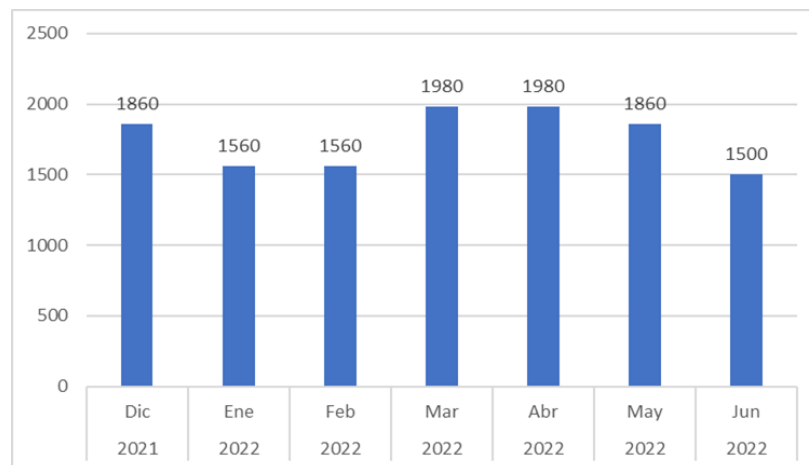
Teniendo en cuenta el análisis detallado de la composición de cada bloque mencionada en el capítulo anterior, se identificó que el consumo de energía se destina principalmente en dos grandes ámbitos (i) luminarias y (ii) equipos eléctricos. Para el caso de las luminarias esta energía está dirigida a bombillas y lámparas ubicadas al interior de cada estructura,

fachada y salidas de emergencia, mientras que para el caso de los equipos eléctricos la energía tiene como destino principalmente computadores y equipos de voz y datos, mediante la conexión a tomas instaladas de corriente normal y regulada. Para la estimación del consumo de electricidad se utilizó como fuente de información, los datos energéticos proporcionados por la compañía eléctrica, consignados en las facturas mensuales. El análisis de datos se enfocó principalmente, en la indagación de variables relacionadas con consumo energía y costos derivados, tomando como periodo de referencia los últimos siete (7) meses facturados entre diciembre de 2021 a junio del 2022. El resultado se detalla a continuación:

7.4.1 Consumo de Energía.

El consumo promedio de energía en los últimos 6 meses fue 1.770 kwh (Anexo C),

Gráfica 1 Evolución Consumo Kwh/mes

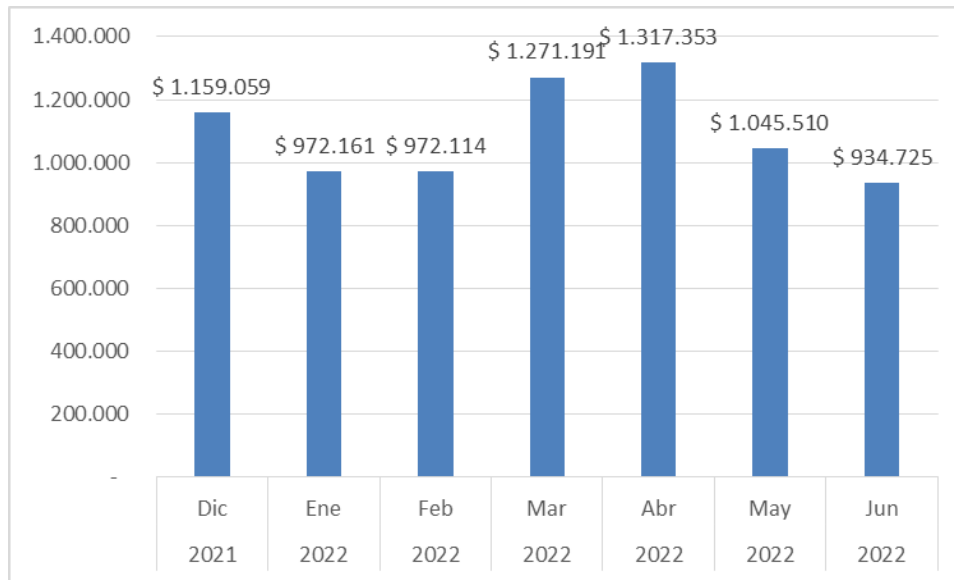


Fuente. Facturación mensual ENEL (Anexo C)

7.4.2 Costo de energía.

La tarifa promedio por un (1) kwh fue de \$623,15 pesos moneda corriente, lo cual represento un costo promedio mensual de \$1'096.016 pesos moneda corriente (Anexo C).

Gráfica 2 Evolución costo pagado por mes.



Fuente. Facturación mensual ENEL (Anexo C)

7.4.3 Huella de Carbono

La huella de carbono es la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI), que pueden ser el dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), y el ozono (O₃), además de los halo carbonos, los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC), emitidos directa e indirectamente por una persona, empresa, en la fabricación de un producto o incluso en un evento (Esturirafi, 2022).

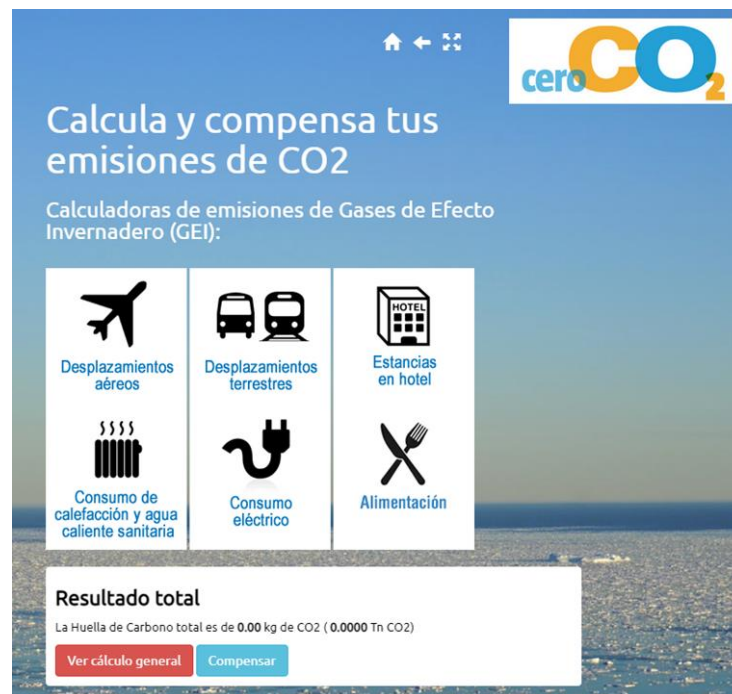
Para nuestro caso, la huella de carbono de una organización mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos de manera directa o indirecta en el desarrollo de las actividades.

Para el cálculo de las emisiones producidas por la I.E.D Sabio Mutis, se tendrá en cuenta la electricidad consumida, y para eso es necesario definir los siguientes aspectos:

- **Límite temporal:** consumo de energía mensual durante los periodos comprendidos entre enero y junio de 2022 (de los cuales se cuenta con datos disponibles).
- **Límite de la organización:** la I.E.D Sabio Mutis, es autónoma en el uso y control de sus instalaciones.
- **Límite operativo:** alcance del estudio. Identificación de las fuentes de emisiones de GEI en la organización.
- **Alcance:** Instalaciones consumo de electricidad de los 5 bloques que componen la infraestructura de la I.E.D Sabio Mutis.

Bajo las anteriores premisas se realizó el cálculo de las emisiones, utilizando la herramienta web “cero CO2” la cual permite el cálculo de la huella de carbono por actividad, a continuación, en la ilustración 11 se muestra el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para actividades como desplazamientos aéreos, terrestres, estancias de hotel, consumo de calefacción y agua caliente sanitaria, alimentación, y el que vamos a utilizar para este caso, el consumo eléctrico.

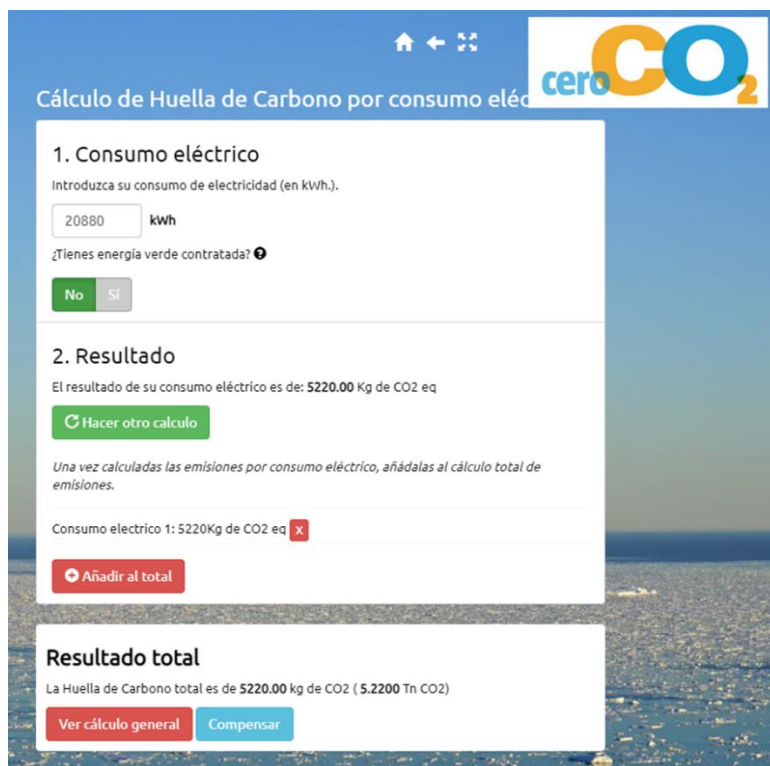
Ilustración 11 Pantalla de inicio CERO CO2



Fuente: Disponible en <https://www.ceroco2.org/calculadoras/home>.

Teniendo en cuenta los datos de consumo mensual de energía eléctrica comprendidos entre enero y junio de 2022 (de los cuales se cuenta con datos disponibles), se tiene que las instalaciones de la I.E.D Sabio Mutis, en promedio consume 20880 KWh al año, por lo tanto, al introducir este dato en la calculadora de CERO CO₂, se obtiene como resultado una huella de carbono total de 5220 kg de CO₂ (5,2200 Tn CO₂).

Ilustración 12 Resultados calculadora CERO CO₂



The image shows a web-based calculator for carbon footprint. The title is 'Cálculo de Huella de Carbono por consumo eléctrico'. It has two main sections: '1. Consumo eléctrico' and '2. Resultado'. In the first section, the user has entered '20880' in the 'kWh' field. Below this, there is a question '¿Tienes energía verde contratada?' with 'No' and 'Sí' buttons. The 'No' button is selected. In the second section, the result is displayed: 'El resultado de su consumo eléctrico es de: 5220.00 Kg de CO2 eq'. There is a green button 'Hacer otro calculo'. Below the result, there is a text box: 'Una vez calculadas las emisiones por consumo eléctrico, añádalas al cálculo total de emisiones.' and a red button 'Añadir al total'. At the bottom, there is a section 'Resultado total' showing 'La Huella de Carbono total es de 5220.00 kg de CO2 (5.2200 Tn CO2)'. There are two buttons: 'Ver cálculo general' and 'Compensar'.

Section	Input / Output
1. Consumo eléctrico	20880 kWh
2. Resultado	5220.00 Kg de CO ₂ eq
Resultado total	5220.00 kg de CO ₂ (5.2200 Tn CO ₂)

Fuente: Disponible en <https://www.ceroco2.org/calculadoras/home>.

Conocer el resultado de la huella de carbono es tener el conocimiento de las actividades que están generando impacto y poder actuar en consecuencia estableciendo medidas para la reducción del consumo y la eficiencia energética.

Es de mencionar que, al realizar el ejercicio de medir la huella de carbono, generando una línea base para continuar con el mismo ejercicio de manera periódica, la I.E.D Sabio Mutis, tiene la posibilidad de compensar sus emisiones con la implementación de proyectos que promuevan la reducción de emisiones, lo que le permitiría contribuir al objetivo de lucha contra el cambio climático.

A continuación, se mencionan algunas ideas de iniciativas que se pueden implementar para la reducción de las emisiones.

- Cubiertas ajardinadas o verdes.
- Aprovechamiento de la luz natural.
- Sustitución a lámparas de bajo consumo.
- Instalación de detectores de movimiento en zonas de uso esporádico.
- Limpieza regular de ventanas y lámparas.
- Implementación de paneles solares fotovoltaicos.
- Apagado de los aparatos eléctricos cuando no se usan.
- Apagado del aire acondicionado cuando no es necesario.
- Revisiones periódicas de los equipos.
- Evitar la proximidad a fuentes de calor a los equipos de refrigeración.
- Adquisición de equipos eficientes energéticamente.
- Fomento de medios de transporte más respetuosos con el medio ambiente (bicicleta, transporte público).
- Mantenimiento adecuado de las instalaciones.

7.5 Potencial de energías renovables en la región

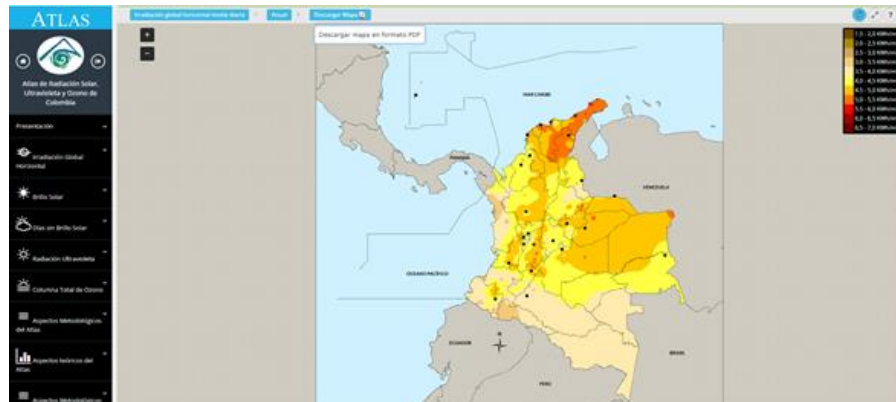
La información base utilizada para determinar el potencial de energías renovables en la zona de estudio, se obtuvo de los Atlas Interactivos que difunde el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, el cual es un instituto gubernamental colombiano, que se encarga de difundir información hidrológica, meteorológica y científica relacionada con el medio ambiente, y posee este tipo de mapas interactivos en ámbitos solares, eólicos y de biomasa para todo el territorio colombiano (IDEAM, <http://www.ideam.gov.co/>, 2023).

La fuente de biomasa para la generación de electricidad no es considerado como una posible alternativa, debido a que en la ubicación geográfica, los materiales de biomasa utilizados para obtener la energía, no están siendo promovidos para su comercialización, por lo tanto, el uso de estos recursos para la producción de energía en esta zona del país, no es factible por el momento, debido a que los sectores de la agricultura y la energía están completamente desarticulados, para el aprovechamiento de desechos agrícolas y pecuarios en la producción de energía, adicionalmente la fuente de información estadística que proporciona el IDEAM, se encuentra bastante desactualizada, por lo que no es considerada en el presente caso de estudio.

7.5.1 Radiación solar

La información de radiación solar se obtuvo, del Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, publicado por el el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, 2023).

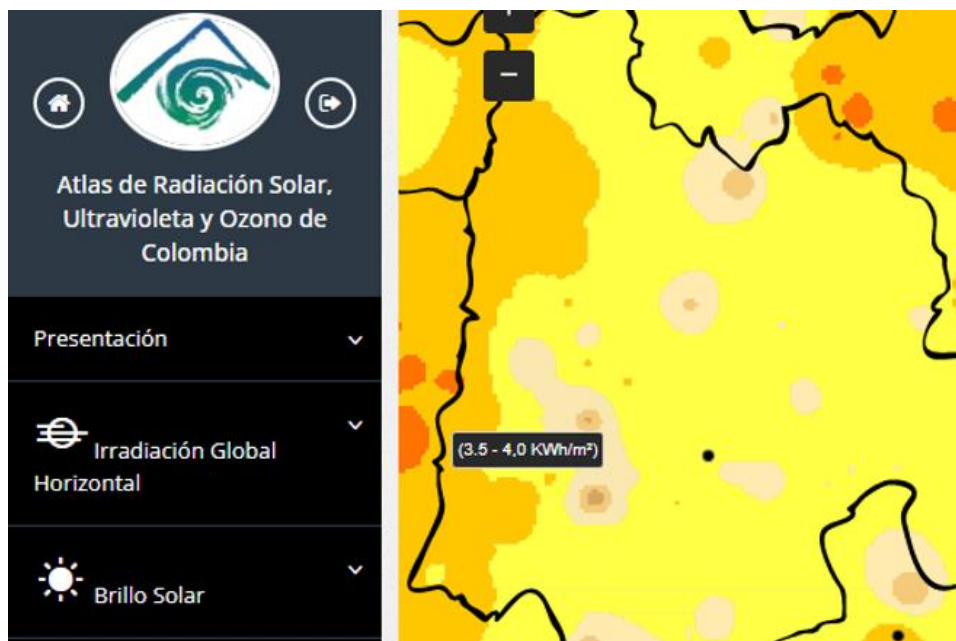
Ilustración 13 Atlas solar en Colombia



Fuente: IDEAM (2022), obtenido en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Para el caso de estudio ubicado en el municipio de La Mesa – Cundinamarca, la radiación media diaria es de 3.5 a 4.0 KWh/m² por día, teniendo en cuenta la información de radiación solar, consignada en Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia (Anexo D).

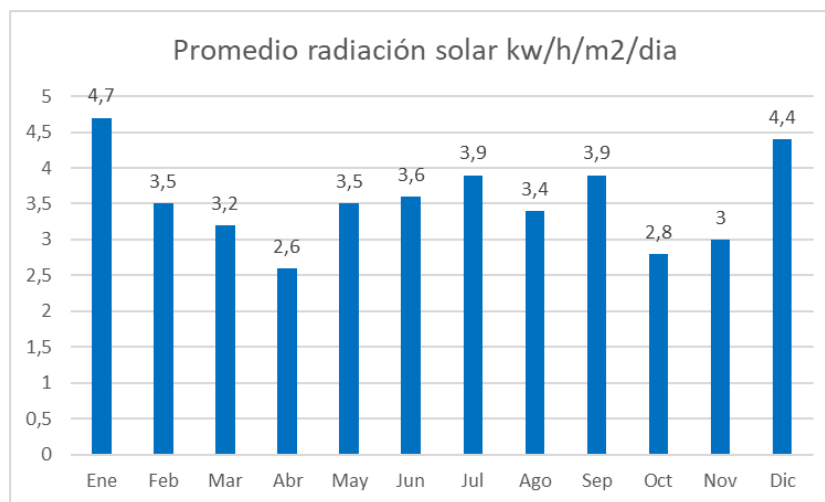
Ilustración 14 Intensidad de radiación solar



Fuente: Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia (Anexo D).

La radiación solar presenta los niveles más altos en los meses de diciembre y enero, seguido de disminuciones para los meses de febrero y marzo y nuevamente aumenta en los meses de mayo y junio, para disminuir nuevamente entre los meses de septiembre y noviembre, como se observa en la siguiente grafica (IDEAM, Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, 2023)

Gráfica 3 Radiación solar



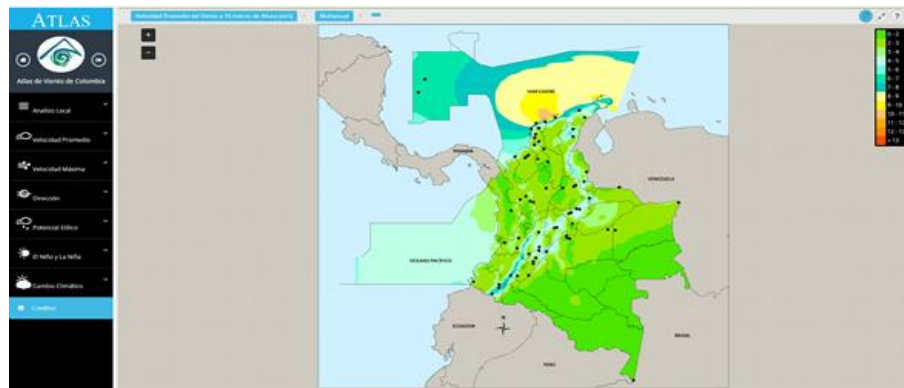
Fuente: IDEAM (2022), obtenido en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Según la cantidad de radiación solar en la ubicación del caso de estudio, es factible considerar la energía solar como una fuente potencial de energía para la generación de electricidad.

7.5.2 Energía Eólica.

La información de velocidad del viento se obtuvo, del Atlas de viento y energía eólica de Colombia, publicado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, Atlas de Viento de Colombia, 2023).

Ilustración 15 Atlas de viento y energía eólica de Colombia



Fuente: IDEAM (2022), obtenido en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

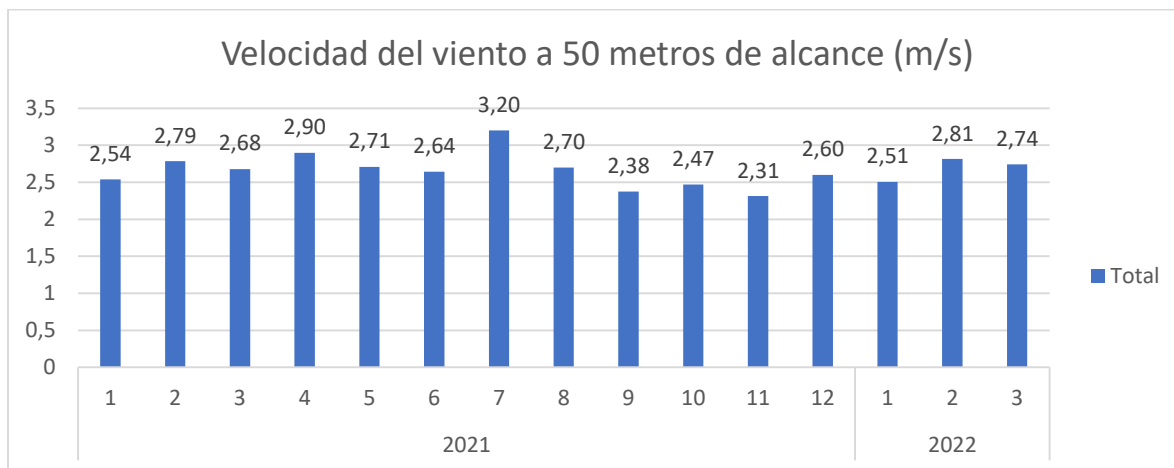
La velocidad del viento es la relación entre la distancia recorrida por el aire y el tiempo que tarda en recorrerla (IDEAM, 2005). El potencial de la energía eólica para la generación de electricidad varía según la disponibilidad del recurso eólico. La variación de la velocidad del viento de la gráfica 4 muestra el perfil de la velocidad del viento en la ubicación del caso de estudio (IDEAM, Atlas de Viento de Colombia, 2023).

Ilustración 16 Intensidad de radiación solar



Fuente: Atlas de Viento de Colombia IDEAM

Gráfica 4 Velocidad media mensual del viento (m/s)



Fuente: IDEAM (2022), obtenido en: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Dado que la energía eólica puede ser factible donde el promedio la velocidad del viento es superior a 5-6 m/s (Himri, 2020), se identificó que la velocidad media anual del viento es de unos 2,66 m/s, por lo que se considera que la energía eólica, no es factible como una fuente de energía potencial, para la generación de electricidad para el presente caso de estudio.

7.5.3 Conclusión

De acuerdo con los resultados, se identificó que la alternativa con mayor viabilidad para el suministro de energía es la solar (UPME, 2015). La energía solar como fuente de energía renovable tiene mayor potencialidad y es la alternativa más eficiente y económica. En la actualidad se han desarrollado sistemas de generación de energía fotovoltaica fijos o con seguimiento al sol de uno o dos ejes (Pelayo López, 2018).

Tabla 9 Conclusión tipos de energía

Eólica		
Unidad de medida	Requerimiento mínimo	Caso de Estudio
Velocidad de viento (m/s)	$\geq 5-6$ m/s	2,66 m/s
Conforme a los resultados obtenidos de las fuentes oficiales (IDEAM), la energía eólica, no es viable como una fuente de energía potencial, para la generación de electricidad debido a que el promedio la velocidad del viento, en el municipio de la mesa (Cundinamarca) es de unos 2,66 m/s, inferior al requerimiento mínimo de velocidad el cual oscila entre 5 y 6 m/s., para este tipo de sistemas de energía		
Solar		
Unidad de medida	Requerimiento mínimo	Caso de Estudio
Radiación solar (KWh/m ²)	≥ 2.0 kWh/m ² /día	3.5 a 4.0 kWh/m ² /día
Conforme a los resultados obtenidos de las fuentes oficiales (IDEAM), la alternativa es viable para implementar debido a que la radiación solar en el municipio de la mesa (Cundinamarca,) oscila entre el 3.5 y 4.0 kWh/m ² /día, lo cual supera el mínimo requerido de 2.0 kWh/m ² /día, para este tipo de sistemas de energía		

Fuente: elaboración propia.

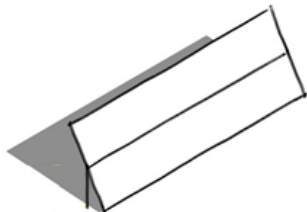
7.6 Sistemas de suministro de energía a analizar.

Con el propósito de seleccionar la mejor alternativa de generación de energía solar, se compararon dos (2) tipos de sistemas fotovoltaicos que permiten asegurar el mayor aprovechamiento de la energía solar, los cuales se describen a continuación.

7.6.1 Sistema fotovoltaico de montaje en techo fijo.

En este sistema los módulos fotovoltaicos no siguen la dirección del movimiento del sol y se fijan en un ángulo de inclinación azimut (Pelayo López, 2018).

Ilustración 17 Sistema techo fijo.

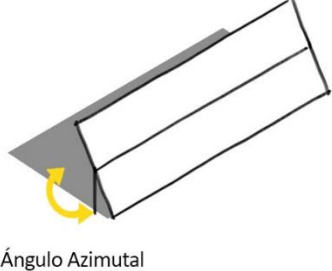
Diagrama	Ejemplo
	

Fuente: Elaboración propia

7.6.2 Sistema fotovoltaico con seguimiento de 1 eje.

Los módulos fotovoltaicos tienen un eje fijado por el valor de inclinación y el otro eje gira sobre el eje inclinado de este a oeste siguiendo el diario movimiento del sol (Pelayo López, 2018).

Ilustración 18 Seguidor de 1 eje

Diagrama	Ejemplo
 Ángulo Azimutal	

Fuente: Elaboración propia

7.6.3 Modelo de puntuación de criterios múltiples para los sistemas propuestos.

Para la selección del tipo de sistema de energía fotovoltaica más adecuado para el caso de estudio, se desarrolló un ejercicio de adaptación de la metodología de selección y priorización de proyectos de acuerdo con lo visto en la guía dos (2) de la materia “IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS”, la cual permite analizar la información de objetos de estudio y asumir supuestos o elementos que permiten cuantificar variables de comparación y por consiguiente se seleccionan criterios y se asignan ponderaciones dentro de este modelo (USAQUÉN, 2021).

Adicionalmente se realizó consulta con un experto en ingeniería electrónica (Anexo E), quien tiene amplia experiencia en el sector. Para determinar los criterios de selección, así como los riesgos que conlleva la implementación de cada sistema propuesto.

A continuación, se describen las estructuras de valoración:

- **Criterios de Potencialidad.** Para los criterios se determinaron cinco (5) ámbitos de valoración, los cuales se determinaron en función de su potencialidad y buena práctica para el proyecto, y para su valoración se estableció una escala de valoración de tres (3) niveles, donde Cero (0) es bajo, Cinco (5) es Medio y diez (10) es Alto.

Tabla 10 Criterios de Selección

Nº	Criterio de selección
1	Atmosférico. Condiciones atmosféricas en la zona de estudio (La Mesa - Cundinamarca)
2	Disponibilidad tecnológica. disponibilidad en el mercado colombiano de módulos, equipos y materiales
3	Rentabilidad de la Inversión. Costos de inversión y mantenimiento frente a otras alternativas.
4	Eficiencia Energética. Capacidad de producción de energía del sistema fotovoltaico.
5	Instalación. Tiempos, condiciones y dificultades de Instalación e implementación.

Fuente: elaboración propia.

- **Riesgos para el proyecto.** Para el caso de los riesgos, se determinaron cinco (5) ámbitos, los cuales se determinaron en función de su probabilidad de materialización e impacto para el proyecto, y para su valoración se estableció una escala de tres (3) niveles, donde Cero (0) es bajo, Cinco (5) es Medio y diez (10) es Alto.

Tabla 11 Riesgos

N°	Riesgo
1	Tecnológico. Podría presentarse incendio por la presencia de puntos calientes al interior de baterías, caja de conexión, inversores, y cableado de corriente alterna.
2	Ambiente. Podría presentar problemas o fallas, por ráfagas de viento, ya que estas ejercen fuerza dado el grado perpendicularmente de su implementación.
3	Infraestructura. Podría afectar la infraestructura en donde van a ser implementados.
4	Mantenimiento. Podría presentarse que no se destinen recursos para el mantenimiento según especificaciones definidas por el fabricante.
5	Inversión. Podría afectarse la inversión en el proyecto, por necesidades presupuestales.

Fuente: elaboración propia.

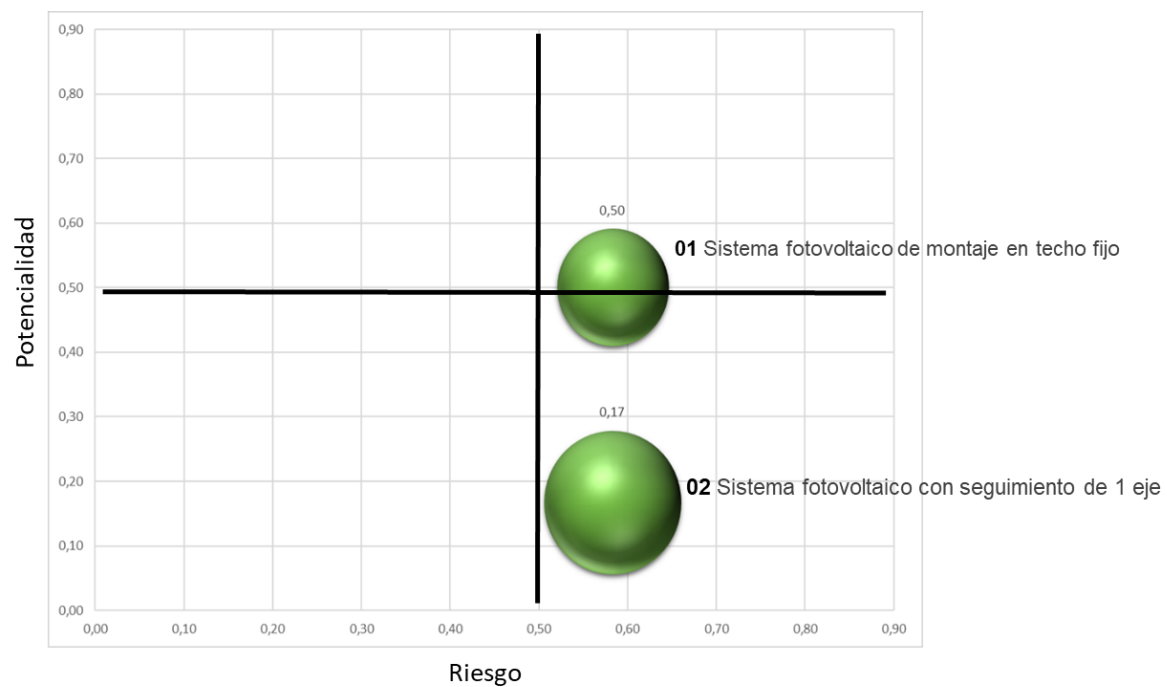
7.6.4 Resultados puntuación

Tabla 12 Tabla de puntuación criterios y riesgos

Criterio	Peso	Evaluación			01_Sistema Fotovoltaico en Techo Fijo		02_Sistema Fotovoltaico de 1 eje		
		Bajo	Medio	Alto	Rating	Score	Rating	Score	
Potencialidad_01. Condiciones Atmosféricas.	10%	0	5	10	5	0,5	5	0,5	Valor de indicador Y
Potencialidad_02. Disponibilidad.	10%	0	5	10	10	1,0	5	0,5	
Potencialidad_03. Costos de Inversión.	10%	0	5	10	5	0,5	10	1,0	
Potencialidad_04. Eficiencia Energética	10%	0	5	10	10	1,0	10	1,0	
Potencialidad_05. Instalación.	10%	0	5	10	5	0,5	5	0,5	
Riesgo_01.Tecnológico	10%	0	5	10	0	0,0	5	0,5	Valor de indicador X
Riesgo_02. Ambiente	10%	0	5	10	0	0,0	0	0,0	
Riesgo_03. Infraestructura	10%	0	5	10	5	0,5	5	0,5	
Riesgo_04. Mantenimiento	10%	0	5	10	0	0,0	10	1,0	
Riesgo_05. Inversión	10%	0	5	10	5	0,5	10	1,0	
	100%				Total, Score			6,5	
					Indicador Y (0 a1)			0,58	
					Indicador X (0 a 1)			0,50	

Fuente: elaboración propia.

Gráfica 5 Resultado modelo de puntuación criterios y riesgos



Fuente: elaboración propia.

7.6.4.1 Principales Observaciones del Experto.

El mecanismo utilizado para la realimentación fue la herramienta de comunicación “Forms” de office, donde se dispuso toda la información requerida para cada criterio y riesgo.

Ilustración 19 Forms Sistema Fotovoltaico Fijo

Forms

Criterio - Sistema Fotovoltaico en techo fijo - Guardado

100% Vista previa Tema Recopilar respuestas

Preguntas Respuestas

Criterios - Sistema Fotovoltaico en techo fijo

1. **Criterio 01 Condiciones Atmosféricas.** Para las condiciones atmosféricas en la zona de estudio (La Mesa - Cundinamarca) el sistema fotovoltaico es:

☐ 0 Inadecuado

☐ 5 Adecuado

☐ 10 Óptimo

2. Observación

Escribe tu respuesta

3. **Criterio 2 Disponibilidad.** La disponibilidad en el mercado colombiano de módulos, equipos y materiales de este sistema es:

☐ 0 Baja

☐ 5 Media

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 20 Forms Sistema Fotovoltaico 1

Forms

Criterio - Sistema Fotovoltaico con de 1 Eje - Guardado

100% Vista previa Tema Recopilar respuestas

Preguntas Respuestas

Criterios - Sistema Fotovoltaico con de 1 Eje

1. **Criterio 01 Condiciones Atmosféricas.** Para las condiciones atmosféricas en la zona de estudio (La Mesa - Cundinamarca) el sistema fotovoltaico es:

☐ 0 Inadecuado

☐ 5 Adecuado

☐ 10 Óptimo

2. Observación

Escribe tu respuesta

3. **Criterio 2 Disponibilidad.** La disponibilidad en el mercado colombiano de módulos, equipos y materiales de este sistema es:

☐ 0 Baja

☐ 5 Media

Fuente: elaboración propia.

Conclusión.

Se tiene como resultado que el sistema fotovoltaico en techo fijo es el más adecuado para implementar en el presente caso de estudio, dentro de sus principales beneficios se destacan los siguientes:

a) Observaciones Sistema Fotovoltaico en Techo Fijo (Sistema Seleccionado).

- Los sistemas fotovoltaicos en Colombia han incrementado considerablemente y en el mercado se pueden conseguir fácilmente los paneles solares como los reguladores.
- El sistema de techo fijo aprovecha infraestructura inutilizada y los costos de mantenimiento son casi nulos, por consiguiente, el retorno de la inversión se genera más rápidamente.

b) Observaciones Sistema Fotovoltaico de 1 eje

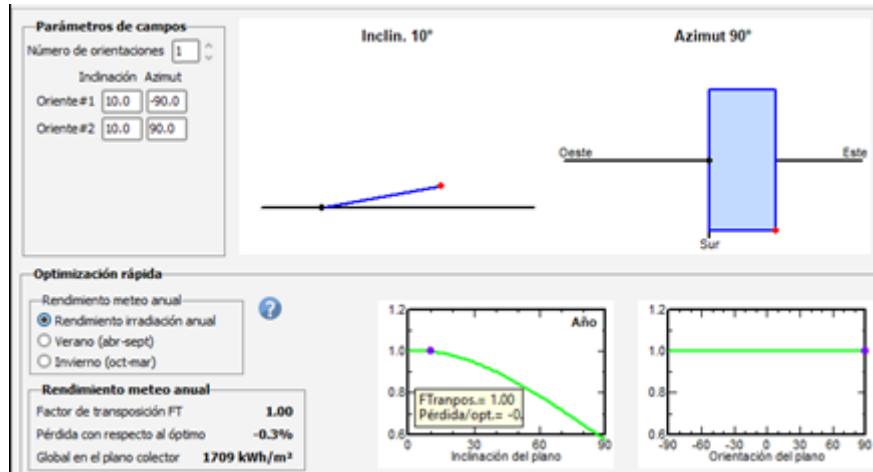
- Los sistemas fotovoltaicos con un eje requieren de equipamiento adicional para el sistema de rotación y control de posición de los paneles, está compuesto por motorreductores que se diseñan a medida.
- Los sistemas fotovoltaicos de un eje requieren equipamiento adicional para el sistema de rotación y control de posicionamiento, esto no solo incrementa el costo de inversión inicial sino también, eleva considerablemente los costos de mantenimiento

7.6.5 Dimensionamiento de la Solución propuesta

Para el diseño de las instalaciones fotovoltaicas seleccionada en techo fijo, se utilizó el programa de uso gratuito “PVSYST”, el cual es una de las herramientas más utilizadas para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. Esta aplicación cuantifica la capacidad de la

instalación y utiliza una metodología de análisis de datos meteorológicos del lugar donde se realizará la instalación y con esta información el programa, adapta el diseño de las instalaciones en función del mejor rendimiento.

Ilustración 21 Orientación sistema fijo



Fuente: PVsyst

Ilustración 22 Parámetros Generales del sistema fijo

Parámetros de orientación

Tipo de campo:

1 orientación : Inclín/azim 10°/90°

Compatibilidad entre definiciones de sistemas

Orientación #1 inclin/azim = 10° / 90°

1 subconjunto PNom = 8,66 kWp, área de módulos = 42 m²

Parámetros del sistema

Subconjunto #1

Orientación #1

Módulos FV:

PNom = 545 Wp

Inversores (10.00 kWac)

Generador FV

Inclinación/Azimut = 10.0° / 90.0°

4 strings of 20 modules in series, 20 total

PNom array = 8,66 kWp, Area = 42 m²

5 unidades, Total 10 kWac,

Fuente: PVsyst

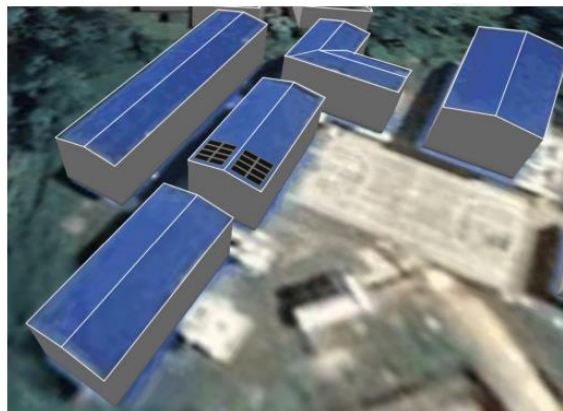
Tabla 13 Resumen de la Solución propuesta de implementación

Ítem	Valor
Capacidad Instalada	8,7 kwp
Numero de Paneles	20
Potencia del panel	545 wp
Potencia Inversores	8 kw
Área	42 m2

Fuente: aplicativo PVSYST.

Ilustración 23 Panorámica de los techos de las edificaciones

Fuente: elaboración propia.

Ilustración 24 Ubicación Paneles

Fuente: elaboración propia.

8. Plan de implementación del proyecto

En este capítulo se desarrollan los instrumentos propuestos para la implementación del proyecto, tomando como referente el PMBOK, lo cual será insumo en caso de que la propuesta sea viabilizada y aprobada por parte de las directivas de la Institución, o cualquier otra institución educativa que esté interesada en implementar este tipo de energía.

8.1 Determinación de costos de inversión.

Este capítulo tiene como propósito realizar la evaluación financiera del proyecto del presenta caso de estudio, con el fin de determinar en cuanto tiempo la inversión retorna ya sea unos años después o antes, o, si no retorna a lo largo de 20 años de vida útil del sistema. A continuación, se muestra el detalle de los componentes de inversión del proyecto:

Tabla 14 Inversión inicial del proyecto

Componente	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total	Vida Útil
Paneles fotovoltaicos Mono cristalino Half-Cell de 385Wp	20	\$ 1.200.000	\$ 24.000.000	20 años
Micro-inversor Apsystems QS1; 4 MPPT y salida de voltaje de 208-240V; Potencia 1200W	5	\$ 2.096.389	\$ 10.481.945	
sistema de Monitoreo VSN 300 WIFI LOGGER CARD ABB EEE 802L Antena para envío de datos	1	\$ 3.675.273	\$ 3.675.273	
Cable solar 6mm y otros materiales de cableado	1	\$ 1.048.194	\$ 1.048.194	
Estructuras de instalación y Montaje	1	\$ 4.642.318	\$ 4.642.318	
Dirección del proyecto	1	\$ 1.870.000	\$ 1.870.000	No aplica
Análisis de potencialidad energético	1	\$ 1.575.000	\$ 1.575.000	No aplica
Diseño e ingeniería de detalle	1	\$ 1.350.000	\$ 1.350.000	No aplica
Montaje e Instalación	1	\$ 709.500	\$ 709.500	No aplica
Adecuación de infraestructura	1	\$ 1.056.000	\$ 1.056.000	No aplica
Total, Inversión Inicial			\$ 50.408.230	

Fuente: Elaboración Propia

8.1.1 Costo de mantenimiento anual

Empecemos por definir qué es mantenimiento preventivo, entendido como el servicio de limpieza y revisión del correcto funcionamiento y estado óptimo de los componentes que integran la instalación solar, con el objetivo de conservar su eficiencia y fiabilidad (Segura, 2022). Es de tener en cuenta que la vida útil de los sistemas fotovoltaicos es de veinte años, se requiere realizar revisiones de rutina para detectar de manera oportuna posibles fallas que afecten el normal funcionamiento, es por esto que el valor del proyecto incluye el mantenimiento del primer año, para lo cual se realizarían dos visitas en el año.

Una vez se cumpla el primer año, el mantenimiento a los equipos del sistema es moderado ya que no se requiere de cambios estructurales de sus componentes, dadas las garantías de los equipos y, por lo tanto, se debe tener en cuenta un costo de mantenimiento anual.

Tabla 15 Costo de mantenimiento anual

Descripción	Valor
Mantenimiento anual	\$2.700.000

Fuente: elaboración propia

A continuación que se detalla la distribución del costo total del proyecto, teniendo en cuenta el ciclo de vida del sistema fotovoltaico.

Tabla 16 Distribución costo total

Tipo de costo	Descripción	Ciclo de Vida				
		Gestión y Planificación	Análisis Multicriterio	Diseños	Instalación	Mantenimiento
Costos directos	Módulos Fotovoltaicos	.			\$ 43.847.730	
	Dirección del proyecto	\$ 1.870.000				
	Análisis de potencialidad energético	.	\$ 1.575.000			
	Diseño e ingeniería de detalle	.		\$ 1.350.000		

	Montaje e Instalación	.			\$ 709.500	
	Adecuación de infraestructura	.			\$ 1.056.000	
Costos Indirectos	Mantenimiento del sistema fotovoltaico	.				\$ 2.700.000

Fuente: elaboración propia

8.1.2 Flujo de Caja e Indicadores Financieros

Se destaca que, para los cálculos consignados en el Flujo de Caja, se tuvo en cuenta indicadores económicos, como el Índice de precios al consumidor IPC, el cual sirvió como base para determinar las proyecciones de los precios de la tarifa de energía. Así mismo cabe precisar que para este ejercicio, no se contempla el pago del impuesto de renta, por lo tanto, para cada año será igual a cero, que es uno de los beneficios de la ley 1715 del 2014, de esta manera solo se observará este beneficio en la evaluación financiera.

Tabla 17 Parámetros financieros para los cálculos

Tasa impuestos anual	0%
IPC promedio anual	5,69%
Vida útil Activos fijos (años)	20
Valor Activos Fijos	\$ 43.847.730
Depreciación (Método Línea recta)	\$ 2.192.387
Valor Activos Intangibles	\$ 6.560.500
Amortizaciones intangibles (Método Línea recta)	\$ 1.312.100
Valor Activos Fijos e intangibles	\$ 50.408.230

Fuente: elaboración propia

Tabla 18 Flujo de Caja Proyectado

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Tarifa Kwh/año	\$ 665	\$ 703	\$ 743	\$ 785	\$ 830	\$ 877	\$ 927
Consumo kwh/año	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170
Ahorro anual COP	\$ 14.078.050	\$ 14.878.739	\$ 15.724.967	\$ 16.619.325	\$ 17.564.549	\$ 18.563.533	\$ 19.619.334
Costo mantenimiento sistema		\$ 2.700.000	\$ 2.767.500	\$ 2.836.688	\$ 2.907.605	\$ 2.980.295	\$ 3.054.802
Utilidad antes de impuestos		\$ 12.178.739	\$ 12.957.467	\$ 13.782.637	\$ 14.656.944	\$ 15.583.238	\$ 16.564.531
- Impuestos		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+ Depreciación (Activos Fijos)		\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387
+ Amortización (Intangibles, Diferidos)		\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100
- Valor Inversión Activos Fijos (CAPEX)	\$ 50.408.230	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= FCLO corriente	(50.408.230)	15.683.226	16.461.954	17.287.124	18.161.431	19.087.724	20.069.018

Concepto	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Tarifa Kwh/año	\$ 979	\$ 1.035	\$ 1.094	\$ 1.156	\$ 1.222	\$ 1.292	\$ 1.365
Consumo promedio kwh/año	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170
Ahorro anual COP	\$ 20.735.183	\$ 21.914.497	\$ 23.160.884	\$ 24.478.159	\$ 25.870.354	\$ 27.341.731	\$ 28.896.792
Costo mantenimiento sistema	\$ 3.131.172	\$ 3.209.452	\$ 3.289.688	\$ 3.371.930	\$ 3.456.228	\$ 3.542.634	\$ 3.631.200
Utilidad antes de impuestos	\$ 17.604.011	\$ 18.705.045	\$ 19.871.196	\$ 21.106.229	\$ 22.414.126	\$ 23.799.097	\$ 25.265.592
- Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+ Depreciación (Activos Fijos)	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387
+ Amortización (Intangibles, Diferidos)	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100
- Valor Inversión Activos Fijos (CAPEX)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= FCLO corriente	21.108.498	22.209.532	23.375.682	24.610.716	25.918.613	27.303.583	28.770.078

Concepto	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Tarifa Kwh/año	\$ 1.443	\$ 1.525	\$ 1.611	\$ 1.703	\$ 1.800	\$ 1.902	\$ 2.010
Consumo promedio kwh/año	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170	21.170
Ahorro anual COP	\$ 30.540.297	\$ 32.277.276	\$ 34.113.046	\$ 36.053.226	\$ 38.103.753	\$ 40.270.904	\$ 42.561.312
Costo mantenimiento sistema	\$ 3.721.980	\$ 3.815.029	\$ 3.910.405	\$ 4.008.165	\$ 4.108.369	\$ 4.211.079	\$ 4.316.356
Utilidad antes de impuestos	\$ 26.818.317	\$ 28.462.247	\$ 30.202.641	\$ 32.045.061	\$ 33.995.384	\$ 36.059.825	\$ 38.244.956
- Impuestos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
+ Depreciación (Activos Fijos)	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387	\$ 2.192.387
+ Amortización (Intangibles, Diferidos)	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100	\$ 1.312.100
- Valor Inversión Activos Fijos (CAPEX)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
= FCLO corriente	30.322.803	31.966.733	33.707.128	35.549.547	37.499.870	39.564.312	41.749.443

Fuente: Elaboración propia.

8.1.3 Retorno de la Inversión

Para el cálculo del retorno de la inversión, se calcularon las siguientes tasas como parámetros requeridos para este ejercicio:

- **Tasa de Descuento.** la cual se entiende como el costo del capital o valor del dinero en el tiempo (Arboleda Vélez, 2014) la cual se determinó teniendo en cuenta el comportamiento de las tasas de interés de los certificados de depósito a término 90 días entre el 27 de febrero de 2022 al 5 de marzo del 2023 (BANREP, 2023).
- **Tasa Nominal mensual.** Se expresa como una tasa periódica vencida, la cual se le aplico la siguiente formula (Arboleda Vélez, 2014):

$$(1 + i EA)^{1/m} - 1$$

Adicionalmente se aplicaron las siguientes ecuaciones desarrolladas en la matriz denominada “Tabla 17 Rendimientos retorno de la inversión”, como parte de los cálculos requeridos para completar el ejercicio (Arboleda Vélez, 2014).

Ilustración 25 Ecuaciones retorno de la Inversión

Flujo de caja libre = capital + rendimientos

Cuota = capital + intereses

Capital = flujo de caja libre – rendimientos

Fuente: (Arboleda Vélez, 2014)

Tabla 19 Rendimientos retorno de la inversión

Tasa de descuento	19,80%		Efectivo Anual	
	1,52%		Mensual	
	Inversión		\$ 50.408.230	
Año	FCL	Capital	Rendimientos	Saldo
0	-\$ 50.408.230			\$ 50.408.230
1	\$ -	-\$ 9.990.746	\$ 9.990.746	\$ 60.398.976
2	\$ 14.578.739	\$ 2.607.860	\$ 11.970.879	\$ 57.791.116
3	\$ 15.417.467	\$ 3.963.458	\$ 11.454.010	\$ 53.827.658
4	\$ 16.304.325	\$ 5.635.860	\$ 10.668.465	\$ 48.191.799
5	\$ 17.242.049	\$ 7.690.592	\$ 9.551.457	\$ 40.501.206
6	\$ 18.233.533	\$ 10.206.326	\$ 8.027.206	\$ 30.294.880
7	\$ 19.281.834	\$ 13.277.488	\$ 6.004.346	\$ 17.017.392
8	\$ 20.390.183	\$ 17.017.392	\$ 3.372.791	\$ -

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el porcentaje determinado para la tasa de descuento del 19,8% efectivo anual es equivalente a 1,52% mensual. Por lo tanto, teniendo en cuenta el flujo de caja libre, la rentabilidad se configura cuando se paguen los últimos \$ 20.390.183 y quede un saldo en ceros frente a los inversionistas. Se estima que el retorno de la inversión de este proyecto se realizará en un periodo de 8 años, con una tasa de descuento del 19,8%.

8.1.4 Indicadores Financieros

Tabla 20 Indicadores financieros

Indicador Financiero	Resultado	Observación
Tasa de descuento por año (Proyección WACC)	25%	$WACC = \%D * K_d * (1-t) + E * K_e$ $WACC = 55\% * 25\% * (1-25\%) + 50\% * 30\%$ $WACC = 25\%$
Relación costo beneficio - RBC	1,52	Teniendo en cuenta que la relación costo beneficio es mayor a 1, se considera que el proyecto es satisfactorio.
Tasa Interna de Retorno - TIR	20,5%	Por los \$ 50.408.230 invertidos, se obtiene un ingreso de \$10.333.687

Fuente: Elaboración propia.

8.1.5 Beneficios tributarios

En Colombia, los referentes normativos que rigen el otorgamiento de incentivos tributarios para eficiencia energética son:

Inicialmente, la **Ley 1715 de 2014**, regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, en esta se establecieron a través de su artículo 11 los incentivos a la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales (FNCE) y la gestión eficiente de la energía, en el artículo 12 se estableció la exclusión del impuesto a las ventas (IVA) en la adquisición de bienes y servicios para el desarrollo de proyectos de generación con fuentes no convencionales de energía (FNCE) y gestión eficiente de la energía, y en el artículo 13 se definieron los instrumentos para la promoción de las fuentes no convencionales de energía (FNCE) y gestión eficiente de la energía (Colombia C. d., Ley 1715 de 2014, 2014).

Posteriormente, la **Ley 1955 de 2019** por medio de la cual se adoptó el Plan Nacional de Desarrollo, en su **artículo 174**, modifica el artículo 11 de la Ley 1715 de 2014, estableciendo que: “...los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a deducir de su renta, en un periodo no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada”. Para la obtención de este beneficio tributario, la inversión deberá ser certificada como proyecto de generación de energía eléctrica a partir de (FNCE) por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) (Colombia C. d., Ley 1955 de 2019, 2019).

Por su parte, el **Decreto 2106 de 2019**, en su **artículo 129**, establece las competencias administrativas y modifica el literal c y d, numeral 5 del artículo 6 de la **Ley 1715 de 2014** los cuales quedan así:

c. Evaluar anualmente el impacto y los beneficios ambientales derivados de la promoción, fomento y uso de FNCE, así como de la cogeneración, la autogeneración, la generación distribuida y la gestión eficiente de la energía, de los proyectos beneficiados con los incentivos tributarios previstos en la presente ley que hayan sido certificados por la Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME.

d. Establecer los criterios y lineamientos para realizar la evaluación de los beneficios ambientales derivados del uso FNCE, la cogeneración, la autogeneración y la generación distribuida, así como por la gestión eficiente de la energía, conforme lo dispuesto en la presente ley y teniendo en cuenta los lineamientos de política energética en materia de generación con FNCE y de eficiencia energética, que establezcan los ministerios de Minas y Energía y Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el ámbito de sus respectivas competencias.

En junio del año 2020, bajo el **Decreto 829**, se reglamentan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014, y se modifica el **Decreto 1625 de 2016** por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario en materia tributaria, y posteriormente, en septiembre del año 2020, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), expide la **Resolución No 203 de 2020** estableciendo así los requisitos y el procedimiento para acceder a los

beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) (UPME, Resolución 203 de 2020, 2020) (UPME, Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014).

Con la **Ley 2099 de 2021**, conocida como la ley de transición energética en Colombia, creada con el objeto de modernizar la legislación vigente y dictar otras disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país y, en general dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible, estableciendo entre otros, en su **artículo 12**, adicionándose al artículo 19 de la Ley 1715 de 2014, el siguiente texto: “8. *El Gobierno Nacional fomentará la autogeneración fotovoltaica en edificaciones oficiales, especialmente, dedicadas a la prestación de servicios educativos y de salud*” (Colombia C. d., Ley 2099 de 2021, 2021).

Así mismo, mediante los artículos 8, 9, 10 y 11, se modifican los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014, quedando como se describe a continuación:

Artículo 11. Incentivos a la generación de energía eléctrica con fuentes no convencionales (FNCE) y a la gestión eficiente de la energía. Establece que, los obligados a declarar renta que realicen directamente inversiones en este sentido, tendrán derecho a deducir de su renta, en un periodo no mayor de 15 años, contados a partir del año gravable siguiente en el que haya entrado en operación la inversión, el 50% del total de la inversión realizada.

El valor para deducir por este concepto en ningún caso podrá ser superior al 50% de la renta líquida del contribuyente, determinada antes de restar el valor de la inversión.

Para los efectos de la obtención del presente beneficio tributario, la inversión deberá ser evaluada y certificada como proyecto de generación de energía a partir de fuentes no convencionales de energía -FNCE o como acción o medida de gestión eficiente de la energía por la Unidad de Planeación Minero-Energética -UPME.

Artículo 12. Exclusión del impuesto a las ventas — IVA en la adquisición de bienes y servicios para el desarrollo de proyectos de generación con FNCE y gestión eficiente de la energía. Se establece que, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre inversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos, y para adelantar las acciones y medidas de gestión eficiente de la energía, incluyendo los equipos de medición inteligente, que se encuentren en el Programa de Uso Racional y Eficiente de energía y Fuentes No Convencionales — PROURE estarán excluidos del IVA.

Para tal efecto, la inversión deberá ser evaluada y certificada como proyecto de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía -FNCE o como acción o medida de gestión eficiente de la energía por la Unidad de Planeación Minero-Energética - UPME.

Artículo 13. Instrumentos para la promoción de las fuentes no convencionales de energía -FNCE y gestión eficiente de la energía. Incentivo arancelario. Las personas naturales o jurídicas que, a partir de la vigencia de la presente ley, sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de fuentes no convencionales de energía -FNCE y medición y evaluación de los potenciales recursos o acciones y medidas de eficiencia energética, incluyendo los equipos de medición inteligente, en el marco del Programa de Uso Racional y Eficiente de energía y Fuentes No Convencionales -PROURE, gozaran de exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de reinversión y de inversión en dichos proyectos. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición este sujeto a la importación de los mismos.

La exención del pago de los derechos arancelarios a que se refiere el inciso anterior se aplicara a proyectos de generación fuentes no convencionales de energía -FNCE y a acciones o medidas de gestión eficiente de la energía en el marco del Programa de Uso Racional y Eficiente de energía y Fuentes No Convencionales -PROURE y deberá ser

solicitada a la DIAN como mínimo 15 días hábiles antes de la importación de la maquinaria, equipos, materiales e insumos necesarios y destinados exclusivamente a desarrollar los proyectos de FNCE y Gestión eficiente de la energía, de conformidad con la documentación del proyecto avalada en la certificación emitida por la UPME.

Para tal efecto, la inversión deberá ser evaluada y certificada como proyecto de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía -FNCE o como acción o medida de Gestión eficiente de la energía en el marco del Programa de Uso Racional y Eficiente de energía, y Fuentes No Convencionales -PROURE por la Unidad de Planeación Minero-Energética UPME.

Artículo 14. instrumentos para la promoción de las fuentes no convencionales de energía -FNCE y gestión eficiente de la energía. incentivo contable depreciación acelerada de activos. Las actividades de generación a partir de fuentes no convencionales de energía -FNCE y de Gestión eficiente de la energía, gozará del régimen de depreciación acelerada.

La depreciación acelerada será aplicable a las maquinarias, equipos y obras civiles necesarias para la reinversión, inversión y operación de los proyectos de generación con fuentes no convencionales de energía -FNCE, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos y para acciones o medidas de Gestión eficiente de la energía, incluyendo los equipos de medición inteligente, que sean adquiridos y/o construidos, exclusivamente para estos fines, a partir de la vigencia de la presente ley. Para estos efectos, la tasa anual de depreciación será no mayor de (33.33%) como tasa global anual. La tasa podrá ser variada anualmente por el titular del proyecto, previa comunicación a la DIAN, sin exceder el límite señalado en este Artículo, excepto en los casos en que la ley autorice porcentajes globales mayores.

Para tal efecto, la inversión deberá ser evaluada y certificada como proyecto de generación de energía eléctrica a partir de fuentes no convencionales de energía -FNCE o proyecto de gestión eficiente de la energía en el marco del Programa de Uso Racional y Eficiente de energía y Fuentes No Convencionales -PROURE, por la Unidad de Planeación Minero-Energética -UPME.

8.2. Caso de negocio

A continuación, se describe el caso de negocio para este proyecto, el cual por lo general es responsabilidad del patrocinador del proyecto.

Tabla 21 Caso de negocio

CASO DE NEGOCIO	
NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño e implementación de un sistema de energía fotovoltaico – caso I.E.D Sabio Mutis.
ORGANIZACIÓN:	Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.
PATROCINADOR:	Rector de la Institución Educativa.
GERENTE DEL PROYECTO:	Gerente asignado por la empresa contratada.
DESCRIPCIÓN:	Diseñar una propuesta metodológica para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis, que permita la recolección de energía necesaria para el funcionamiento de las instalaciones de la sede principal ubicada en el municipio de La Mesa Cundinamarca. El proyecto se llevaría a cabo en un término de 3 meses incluyendo todas las fases definidas en el ciclo de vida del proyecto.
PREMISAS O SUPUESTOS:	a. Condiciones climáticas favorables durante la instalación. b. Disponibilidad de los materiales requeridos.

RESTRICCIONES:

- a. El proyecto deberá utilizar mano de obra especializada en la instalación de energía solar.
- b. La operación normal de la institución no se debe afectar por las actividades que se desarrollen durante la fase de instalación.
- c. El sistema de energía instalado deberá generar la energía necesaria para el funcionamiento de la I.E.D Sabio Mutis.
- d. Disposición de la totalidad de recursos para llevar a cabo el proyecto.
- e. Condiciones mínimas del terreno para la implementación del sistema de energía.
- f. Los materiales que se usen deben contar con garantía directa del fabricante.
- g. El personal debe ser certificado en trabajo en alturas.

Fuente: elaboración propia.

8.3. Plan de Gestión de la Integración del Proyecto

8.3.1. Acta de Constitución del Proyecto

ACTA DE CONSTITUCIÓN

NOMBRE DEL PROYECTO:	Diseño e implementación de un sistema de energía fotovoltaico – caso I.E.D Sabio Mutis.
ORGANIZACIÓN:	Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.
CLIENTE:	Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.
FECHA DE PREPARACIÓN:	enero de 2023
PATROCINADOR:	Rector de la Institución Educativa.
GERENTE DEL PROYECTO:	Gerente asignado por la empresa contratada.
COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	Diseñar una propuesta metodológica para la implementación de un sistema fotovoltaico en la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis, que permita la recolección de energía necesaria para el funcionamiento de las instalaciones de la sede principal ubicada en el municipio de La Mesa Cundinamarca. El proyecto se llevaría a cabo en un término de 3 meses incluyendo todas las fases definidas en el ciclo de vida del proyecto.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO:	Como producto del proyecto se entregará un informe con toda la información relacionada con la planificación, el estudio realizado para el análisis multicriterio, y la descripción de actividades para el diseño, instalación y puesta en marcha del sistema de energía fotovoltaico, lo cual será insumo en caso de que la propuesta sea viabilizada y aprobada por parte de las directivas de la Institución, o cualquier otra institución educativa que esté interesada en implementar este tipo de energía.
DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO:	a. El proyecto deberá utilizar mano de obra especializada en la instalación de energía solar. b. La operación normal de la institución no se debe afectar por las actividades que se desarrollen durante la fase de instalación. c. El sistema de energía instalado deberá generar la energía necesaria para el funcionamiento de la I.E.D Sabio Mutis. d. Disposición de la totalidad de recursos para llevar a cabo el proyecto. e. Condiciones mínimas del terreno para la implementación del sistema de energía. f. Los materiales que se usen deben contar con garantía directa del fabricante. g. El personal debe ser certificado en trabajo en alturas.
OBJETIVOS DEL PROYECTO:	El principal objetivo de este proyecto es generar una propuesta metodológica para que los directivos de instituciones educativas tengan una alternativa sostenible para sustituir el uso de energía eléctrica convencional por la implementación de energías renovables que suplan los requerimientos de energía para el funcionamiento de sus instalaciones, esto utilizando como referente la I.E.D Sabio Mutis ubicada en el municipio de La Mesa Cundinamarca.

CONCEPTO	OBJETIVO Y CRITERIO DE ÉXITO
1_ALCANCE	Generar propuesta metodológica que contribuya a que las instalaciones de las instituciones educativas sean sostenibles mediante la implementación de sistemas de energía renovables.
2_TIEMPO	Implementar el proyecto según las fases y actividades definidas.
3_COSTO	Disminuir los costos de funcionamiento relacionados con servicios públicos de las instalaciones de instituciones educativas.
4_CALIDAD	Generar la energía necesaria para el funcionamiento de las instalaciones de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis a partir de energía fotovoltaica.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

Si bien, el uso de energía renovable como estrategia para la reducción del impacto ambiental del edificio, para este caso la I.E.D Sabio Mutis, no reduce su consumo energético, si aporta beneficios para la institución educativa y el medio ambiente, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del proceso de producción y transporte de la energía que se utiliza para su funcionamiento, la preservación de recursos no renovables (gas, petróleo), y reducción de los costos de funcionamiento del edificio, si se logra producir energía en el lugar (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2017).

PRESUPUESTO DEL PROYECTO:

1_PRESUPUESTO PRELIMINAR:	\$	50.408.230
2_RESERVA DE CONTINGENCIA:	\$	2.000.000
3_LÍNEA BASE DE COSTOS:	\$	52.408.230
4_RESERVA DE GESTIÓN:	\$	1.500.000
5_PRESUPUESTO TOTAL:	\$	53.908.230

INTERESADOS CLAVE DEL PROYECTO:

NOMBRE	ORGANIZACIÓN	ROL EN EL PROYECTO
Rector de la Institución Educativa.	I.E.D Sabio Mutis	Patrocinador
Gerente asignado por la empresa contratada.	Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.	Director del proyecto
Institución Educativa Departamental Sabio Mutis.	I.E.D Sabio Mutis	Cliente
Coordinador asignado por el proveedor	Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.	Coordinador operativo
Coordinador asignado por el proveedor	Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.	Coordinador administrativo
Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.	Empresa dedicada al diseño, implementación y mantenimiento de sistemas de energía fotovoltaica.	Proveedor

PRINCIPALES AMENAZAS DEL PROYECTO:

- * El precio del dólar, ya que la materia prima base es importada y las variaciones en el precio del dólar pueden afectar los márgenes de rendimiento del proyecto.
- * Cambios climáticos que imposibiliten la realización de los estudios para el diseño de implementación de la energía renovable.

PRINCIPALES OPORTUNIDADES DEL PROYECTO:

- * El estado colombiano ha establecido la regulación con el fin de impulsar la generación de energía renovable no convencional, lo que viabiliza proyectos de este tipo.
- * Disminución del impacto ambiental generado por la institución y optimización de recursos económicos destinados para el funcionamiento de las instalaciones.

Fuente: elaboración propia.

8.3.2. Ciclo de vida del proyecto

Bajo el supuesto que este proyecto sea viabilizado por parte de las directivas de la Institución Educativa, el ciclo de vida del proyecto sería como se detalla en la siguiente ilustración.

Gráfica 6 Ciclo de vida del proyecto.



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen las fases que conforman el ciclo de vida del proyecto.

Tabla 22 Fases del ciclo de vida del proyecto

FASE	DESCRIPCIÓN
Fase 1 Gestión y Planificación	Esta fase incluye actividades relacionadas con la elaboración del acta de constitución, la planificación del alcance, la definición de requisitos funcionales y técnicos, la estimación del presupuesto y el análisis de riesgos.
Fase 2 Análisis Multicriterio	Esta fase contempla actividades relacionadas con los estudios de factibilidad, el análisis de necesidades energéticas, el análisis de los recursos energéticos renovables y la selección de la alternativa viable para la ubicación del proyecto.
Fase 3 Diseño	La fase de diseños incluye el diseño e ingeniería de detalle, el diseño de la red eléctrica, y el diseño del sistema de energía fotovoltaica.
Fase 4 Instalación	Durante esta fase de desarrollan actividades relacionadas con la adquisición de insumos, la adecuación del espacio para la instalación, el montaje e instalación de los paneles.
Fase 5 Puesta en marcha y cierre	Esta fase incluye las actividades necesarias para llevar a cabo el control de calidad, realizar el informe de instalación, y el acta de aceptación y cierre, y finalmente la puesta en marcha del proyecto.

Fuente: elaboración propia.

8.3.3. Enunciado del alcance

A continuación, se desarrolla la propuesta para el enunciado del alcance, el cual contempla el objetivo del proyecto, la descripción del producto a entregar, los requisitos, entregables, límites, criterios de aceptación, restricciones y supuestos.

Tabla 23 Enunciado del alcance

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1. Objetivos del proyecto	El principal objetivo de este proyecto es generar una propuesta metodológica para que los directivos de instituciones educativas tengan una alternativa sostenible para sustituir el uso de energía eléctrica convencional por la implementación de energías renovables que suplan los requerimientos de energía para el funcionamiento de sus instalaciones, esto utilizando como referente la I.E.D Sabio Mutis ubicada en el municipio de La Mesa Cundinamarca.
2. Descripción del producto	Como producto del proyecto se entregará un informe con toda la información relacionada con la planificación, el estudio realizado para el análisis multicriterio, y la descripción de actividades para el diseño, instalación y puesta en marcha del sistema de energía fotovoltaico, lo cual será insumo en caso de que la propuesta sea viabilizada y aprobada por parte de las directivas de la Institución, o cualquier otra institución educativa que esté interesada en implementar este tipo de energía.
3. Requisitos del proyecto (Necesidades)	a. El proyecto deberá utilizar mano de obra especializada en la instalación de energía solar. b. La operación normal de la institución no se debe afectar por las actividades que se desarrollen durante la fase de instalación. c. El sistema de energía instalado deberá generar la energía necesaria para el funcionamiento de la I.E.D Sabio Mutis. d. Disposición de la totalidad de recursos para llevar a cabo el proyecto. e. Condiciones mínimas del terreno para la implementación del sistema de energía. f. Los materiales que se usen deben contar con garantía directa del fabricante. g. El personal debe ser certificado en trabajo en alturas.

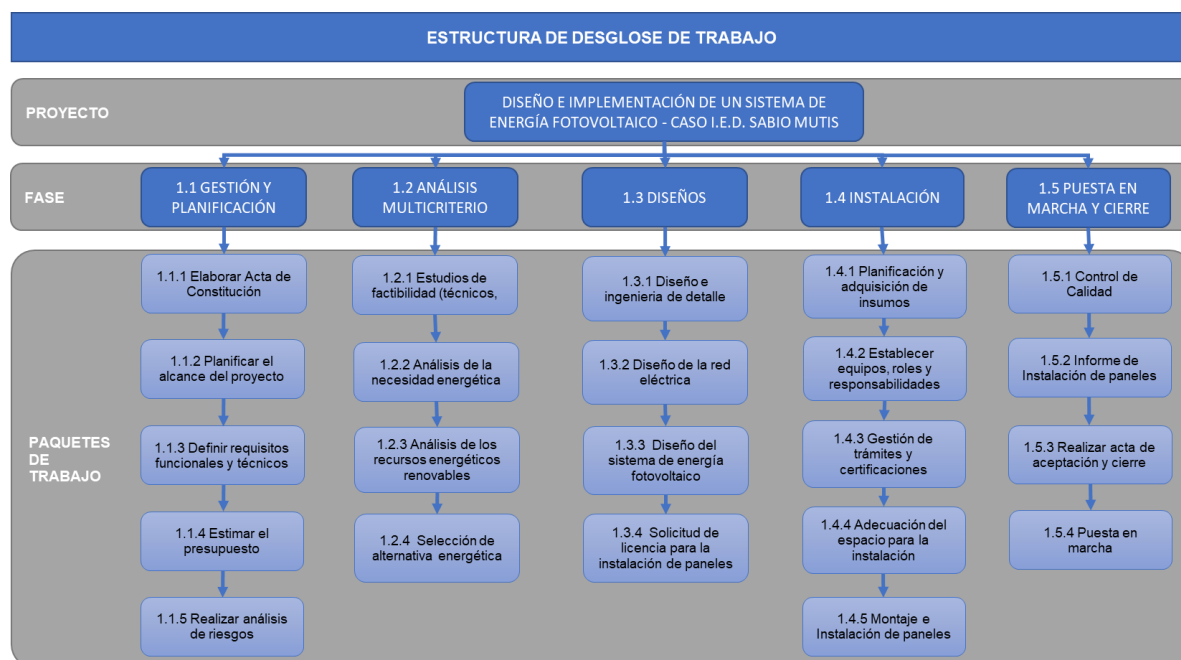
4. Entregables del proyecto	Como producto del proyecto se entregará un informe con toda la información relacionada con la planificación, el estudio realizado para el análisis multicriterio, y la descripción de actividades para el diseño, instalación y puesta en marcha del sistema de energía fotovoltaico, lo cual será insumo en caso de que la propuesta sea viabilizada y aprobada por parte de las directivas de la Institución, o cualquier otra institución educativa que esté interesada en implementar este tipo de energía.
5. Límites del proyecto (Lo que NO se va a hacer)	a. El proyecto no incluye construcción de muros, acabados, ni redes de servicio. b. Evento de inauguración. c. No incluye mantenimiento ni reemplazo de paneles al concluir su vida útil.
6. Criterios de aceptación del producto	Indicadores cuantificados a. Generación de energía = total de energía I.E.D Sabio Mutis / Energía producida por cubierta solar (Objetivo: 100%). b. Construcciones en acero: Deberá cumplir las pruebas y normativa vigente.
7. Restricciones del proyecto	1. Los materiales que se usen deben contar con garantía directa del fabricante. 2. El personal debe ser certificado en trabajo en alturas.
8. Supuestos del proyecto	a. Condiciones climáticas favorables durante la instalación. b. Disponibilidad de los materiales requeridos.

Fuente: elaboración propia.

8.3.4. EDT (Estructura de Desglose de Trabajo)

La estructura de desglose de trabajo (EDT) contempla tres niveles; el primer nivel es el proyecto, el segundo nivel las cinco (5) fases, y el tercer nivel los paquetes de trabajo. En la siguiente gráfica se puede observar la representación de la EDT propuesta para el proyecto.

Gráfica 7 EDT



Fuente: elaboración propia.

8.3.5 Plan de gestión de los riesgos

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
Diseño e implementación de un sistema de energía fotovoltaico – caso I.E.D Sabio Mutis	DISEF-CSB

METODOLOGÍA DE GESTIÓN DE RIESGOS: <i>DEFINIR LOS ENFOQUES ESPECÍFICOS, LAS HERRAMIENTAS Y LAS FUENTES DE INFORMACIÓN QUE SE UTILIZARÁN PARA LLEVAR A CABO LA GESTIÓN DE RIESGOS EN EL PROYECTO.</i>			
PROCESO	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS	FUENTES DE INFORMACIÓN
Planificación de Gestión de los Riesgos	Elaborar el plan de gestión de los riesgos.	Guía del PMBOK	Director del proyecto
		Información del Proyecto	Director del proyecto
Identificación de Riesgos	Identificar que riesgos pueden afectar el proyecto y documentarlos.	Información del proyecto	Director del proyecto
Análisis cualitativo de Riesgos	Evaluar probabilidad e impacto	Definición de probabilidad e impacto	Director del proyecto
	Establecer ranking de importancia	Matriz de probabilidad e impacto	Director del proyecto
Análisis cuantitativo de Riesgos	Evaluar según la escala definida para probabilidad e impacto	Matriz de calor	Director del proyecto

Planificación de respuesta a los riesgos	Definir las acciones de respuesta a los riesgos	Plan de respuesta	Director del proyecto
Implementación de respuesta a los riesgos	Activar las acciones de respuesta a los riesgos	Plan de respuesta	Director del proyecto
Monitoreo de los riesgos	Realizar monitoreo a la ejecución de los controles establecidos	Mapa de riesgos - Monitoreo	Director del proyecto

ROLES Y RESPONSABILIDADES DE GESTIÓN DE RIESGOS: *DEFINIR LAS PERSONAS PARA CADA PROCESO DEL PLAN DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS, ASÍ COMO TAMBIÉN EXPLICAR SUS RESPONSABILIDADES.*

PROCESO	ROLES	PERSONAS	RESPONSABILIDADES
Planificación de Gestión de los Riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Elaborar el plan de gestión de los riesgos
Identificación de Riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Identificar que riesgos pueden afectar el proyecto y documentarlos.
Análisis cualitativo de Riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Evaluar probabilidad e impacto

			Establecer ranking de importancia
Análisis cuantitativo de Riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Evaluar según la escala definida para probabilidad e impacto
Planificación de respuesta a los riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Definir las acciones de respuesta a los riesgos y documentar el plan de contingencia
Implementación de respuesta a los riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Activar las acciones de respuesta a los riesgos del plan de contingencia
Monitoreo de los riesgos	Director del proyecto	Una (1)	Realizar monitoreo a la ejecución de los controles establecidos

PERIODICIDAD DE LA GESTIÓN DE RIESGOS: *DEFINIR CUÁNDO Y CON QUÉ FRECUENCIA SE LLEVARÁN A CABO LOS PROCESOS DE GESTIÓN DE RIESGOS A LO LARGO DEL CICLO DE VIDA DEL PROYECTO.*

<i>PROCESO</i>	<i>MOMENTO DE EJECUCIÓN</i>	<i>ENTREGABLE DEL EDT</i>	<i>PERIODICIDAD DE EJECUCIÓN</i>
Planificación de Gestión de los Riesgos	Planificación	Gestión del Proyecto	Única vez
Identificación de Riesgos	Planificación	Gestión del Proyecto	Única vez

Análisis cualitativo de Riesgos	Planificación	Gestión del Proyecto	Única vez
Análisis cuantitativo de Riesgos	Planificación	Gestión del Proyecto	Única vez
Planificación de respuesta a los riesgos	Ejecución	Gestión del Proyecto	Única vez
Implementación de respuesta a los riesgos	Ejecución	Instalación de paneles solares	Cuando aplique
Monitoreo de los riesgos	Monitoreo y Control	Instalación de paneles solares	Mensual

Tabla 24 Registro de Riesgos

REGISTRO DE RIESGO			
Categoría	Código	Causas identificadas	Riesgo
Riesgos Positivos	RN_01	Debido a la exposición de la instalación a la intemperie y condiciones climáticas.	Podría presentarse incendio por la presencia de puntos calientes al interior de baterías, caja de conexión, inversores, y cableado de corriente alterna
	RN_02	Debido al grado perpendicular de la superficie de los paneles en su instalación.	Podría presentar problemas o fallas por ráfagas de viento, ya que estas ejercen fuerza dado el grado perpendicularmente de su implementación.
	RN_03	Debido a modificaciones originadas por el sobre las características técnicas para la elaboración del diseño, por requerimientos adicionales o factores que no se han detectados en la etapa de diseño.	Podría afectar considerablemente el costo y la duración del proyecto
	RN_04	Debido al peso que genera cada instalación de panel solar	Podría afectar el espacio de adecuación en donde van a ser implementados los paneles solares si no se instalan con los materiales adecuados.
	RN_05	Debido a que los paneles solares tienen una temperatura muy alta	Podría afectar considerablemente en la infraestructura y tendrían que realizarse reforzamiento lo cual sería un costo adicional para el cliente
	RN_06	Debido a retrasos en el tiempo de entrega de los productos establecidos en la EDT.	Podría presentarse incumplimiento al cronograma del proyecto.
Riesgos Negativos	RP_07	Debido a las características de esta tecnología para obtener energía a partir de la Radiación Solar	Podría contribuir a disminuir el impacto ambiental disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero.
	RP_08	Debido a que las empresas cuyo suministro de energía es través de energía renovable reflejan una buena	Podría motivar a los empleados a ayudar al medio ambiente debido a que laboran en un lugar que es responsable con el planeta.

		imagen, aumenta la percepción positiva de los clientes y empleados.	
	RP_09	Debido al bajo desempeño del personal	Podría mejorar el nivel de conocimiento del personal en temas relacionados con el medio ambiente, explicando al personal a contratar las responsabilidades a fin de no tener rotación de personal o deserciones.
	RP_010	Debido a la deficiencia de un servicio de energía en el que se presenta intermitencias en la región.	Podría disminuir los costos relacionados con la facturación de energía eléctrica de los equipos de la entidad.
	RP_011	Debido a la eficiencia en la destinación de recursos destinados al funcionamiento de las instalaciones	Podría generar ahorro de recursos de funcionamiento
	RP_012	Debido a la deficiencia de un servicio de energía en el que se presenta intermitencias en la región.	Podría ocasionar que en el municipio de la mesa se cree el servicio de energía renovable

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25 Matriz de Tolerancia y actitud de los Interesados hacia el riesgo

Matriz de Tolerancia y actitud de los Interesados hacia el riesgo			
Objetivo	Actitud	Tolerancia	Peso
Alcance	Generar propuesta metodológica que contribuya a que las instalaciones de las instituciones educativas sean sostenibles mediante la implementación de sistemas de energía renovables	Alta	30%
Tiempo	Implementar el proyecto según las fases y actividades definidas.	Moderada	18%
Costo	Disminuir los costos de funcionamiento relacionados con servicios públicos de las instalaciones de instituciones educativas	Bajo	25%
Calidad	Generar la energía necesaria para el funcionamiento de las instalaciones de la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis a partir de energía fotovoltaica.	Bajo	27%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26 Matriz de Probabilidad e Impacto

Escala de Tolerancia	
Alta	Reportar de inmediato, asignar propietario al riesgo, planear e implantar respuestas
Moderado	Identificar factores que influyen, asignar propietario, monitorear con frecuencia alta
Bajo	Discutir en las sesiones de seguimiento y control de riesgos
Muy bajo	Mantener en la lista de revisión de baja prioridad

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27 Matriz de criticidad ponderada

#	Probabilidad	Impacto en alcance 30%	Impacto en tiempo 18%	Impacto en costos 25%	Impacto en calidad 27 %	Impacto ponderado	Criticidad ponderada	Calificación
RN_01	Ocasional (3)	Menor (-1)	Menor (-1)	Critico (-4)	Grave (-2)	Grave (-2)	-6	BAJO
RN_02	Remota (2)	Menor (-1)	Menor (-1)	Muy Grave(-3)	Grave (-2)	Grave (-2)	-4	BAJO
RN_03	Probable (4)	Grave (-2)	Grave (-2)	Critico (-4)	Grave (-2)	Muy grave (-3)	-10	MODERADO
RN_04	Probable (4)	Grave (-2)	Grave (-2)	Muy critico (-5)	Grave (-2)	Muy grave (-3)	-11	MODERADO
RN_05	Remota (2)	Muy Grave(-3)	Grave (-2)	Muy critico (-5)	Grave (-2)	Muy grave (-3)	-6	BAJO
RN_06	Probable (4)	Grave (-2)	Grave (-2)	Critico (-4)	Grave (-2)	Muy grave (-3)	-10	MODERADO
RP_07	Muy probable (5)	Afortunado (5)	Favorable (3)	Favorable (3)	Muy Favorable (4)	Probable (4)	19	ALTO
RP_08	Ocasional (3)	Beneficioso (1)	Beneficioso (1)	Optimista (2)	Beneficioso (1)	Beneficioso (1)	4	BAJO
RP_09	Ocasional (3)	Beneficioso (1)	Beneficioso (1)	Optimista (2)	Favorable (3)	Optimista (2)	5	BAJO
RP_010	Probable (4)	Afortunado (5)	Favorable (3)	Favorable (3)	Probable (4)	Probable (4)	15	ALTO
RP_011	Probable (4)	Afortunado (5)	Favorable (3)	Favorable (3)	Probable (4)	Probable (4)	15	ALTO
RP_012	Remota (2)	Probable (4)	Optimista (2)	Optimista (2)	Optimista (2)	Favorable (3)	5	BAJO

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28 Mapa de calor

Probabilidad	IMPACTO									
	Menor (-1)	Grave (-2)	Muy grave (-3)	Critico (-4)	Muy critico (-5)	Afortunado (5)	Probable (4)	Favorable (3)	Optimista (2)	Beneficioso (1)
Muy probable (5)							R7			
Probable (4)			R3, R4, R6				R10, R11			
Ocasional (3)		R1							R9	R8
Remota (2)		R2	R5					R12		
Muy remota (1)										

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29 Plan de respuesta a los riesgos

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Estrategia Respuesta	Contingencia	Recuperación	Cuanto Costara	Responsable	Disparador
RN_01	Ocasional (3)	Grave (-2)	(Mejorar) Monitoreo de emisión de gases de efecto invernadero. (Compartir)Hacer programas de cultura ambiental en las empresas inscritas en la cámara.	Elaborar informes y se registrar las mediciones de disminución de gases de efecto invernadero y se comunica a las partes interesadas.	Implementar una brigada de seguimiento y control del impacto ambiental.	\$1'500.000	Ingeniero de Diseño.	Mayor uso del sistema fotovoltaico como alternativas de energía renovable.
RN_02	Remota (2)	Grave (-2)	(Mejorar) Realizar campañas de sensibilización ambiental a los funcionarios de la entidad. (Compartir)Hacer alianza Institutos y ONGS que promueven la concientización de los impactos ambientales para sensibilizar a los empleados de la entidad.	Implementar incentivos a los empleados que demuestren con evidencias, fotográficas u de otra índole, sus contribuciones a la disminución del impacto ambiental.	Implementar auxilios económicos como compensaciones y bonificaciones a los empleados	\$1'400.000	Directora de estratégica de contenidos y marketing.	Identificación de los eventos negativos en la naturaleza por cuenta del calentamiento global y el cambio climático.

RN_03	Probable (4)	Muy grave (-3)	(Explotar) Elaborar reuniones periódicas para retroalimentar al personal	Diseñar estrategias para motivar a los colaboradores y retención del talento.	Generar nuevos incentivos, como salarios competitivos, salario emocional.	\$1'000.000	Líder de operaciones.	Evidencia de malas prácticas y un ambiente laboral poco óptimo.
RN_04	Probable (4)	Muy grave (-3)	(implementar) paneles solares que ayuden a mitigar el impacto del servicio de energía	Implementar plantas electricidad reguladoras de electricidad, que controlen los picos de corriente suministrada.	estar alineado con el plan energético nacional de la integración de las energías renovables no convencionales.	\$4'000.000	Técnico de implementación.	Aumentos e inestabilidad del suministro de energía.
RN_05	Remota (2)	Muy grave (-3)	ESCALAR (Explotar) Diagnóstico de nuevas necesidades para la destinación de recursos de funcionamiento.	Seguimiento a los recursos destinados para identificar los ahorros.	Se realiza una destinación del ahorro obtenido hacia la reserva de contingencia del proyecto.	\$1'000.000	Director de proyecto.	Buenas prácticas de desarrollo de procesos y adecuada selección de proveedores.

RN_06	Probable (4)	Muy grave (-3)	(implementar) paneles solares que ayuden a mitigar el impacto del servicio de energía	Se evalúa la viabilidad y beneficios del uso la energía renovable en la zona.	Presentar plan de propuesta de alternativa de servicios de energía de renovable a la empresa de energía de la región CENS.	\$1'000.000	Ingeniero de Diseño.	Identificación de los eventos negativos en la naturaleza por cuenta del calentamiento global y el cambio climático.
RP_07	Muy Probable (5)	Probable	(Evitar) Plan de control de estado de uso de los equipos. (Mitigar)Hacer programas de cultura ambiental en las empresas inscritas en la cámara.	Activar protocolo de emergencia ante incendios y de evacuación. en los que se realice el ajuste técnico de baterías y conexiones de cableados e iniciar transferencia de la fuente de energía hacia la red eléctrica convencional, adicionalmente contar con líneas directas a servicios de emergencia.	Evaluación de la calidad y máxima temperatura a soportar de los paneles solares.	\$4'000.000	Líder de operaciones.	Inadecuada valoración y evaluación de la calidad de los equipos utilizados para la instalación de paneles solares.

RP_08	Ocasional (3)	Beneficioso	(Transferir) Monitorea a las condiciones climáticas y vientos en la región. (Transferir) Hacer programas de capacitación con entidades como el IDEAM, para la comprensión de las condiciones climáticas en la zona.	Aplicar procedimientos y protocolos de valoración del estado de los paneles solares y realizar los ajustes de la inclinación de estos para su correcto funcionamiento.	Evaluación de condiciones climáticas de la zona para evaluar capacidades de los paneles solares.	\$3'000.000	Técnico de implementación e Ingeniero de Diseño.	Aumentos de ráfagas de vientos en la zona.
RP_09	Ocasional (3)	Optimista	(Mitigar) tiempos establecidos para la entrega de información técnica y de diseño, como utilización de software adecuados y precisos.	La planeación de los costos del proyecto debe seguirse con rigurosidad a lo planificado para evitar desfases y costos extras	Alertas tempranas frente a posibles desviaciones durante la ejecución del proyecto.	\$2'000.000	Director de proyecto.	Seguimiento permanente a la ejecución del proyecto.
RP_10	Probable (4)	Probable	(Evitar) Reforzar la infraestructura del sitio en donde se implementará el panel solar (Mitigar) Materiales que sean menos pesados realizando un estudio de infraestructura que pueda evitar dicho riesgo	Evaluar el estado de la infraestructura previo a la implementación.	Seguimiento permanente a la infraestructura.	\$3'000.000	Ingeniero de Diseño.	Implementar refuerzos estructurales.

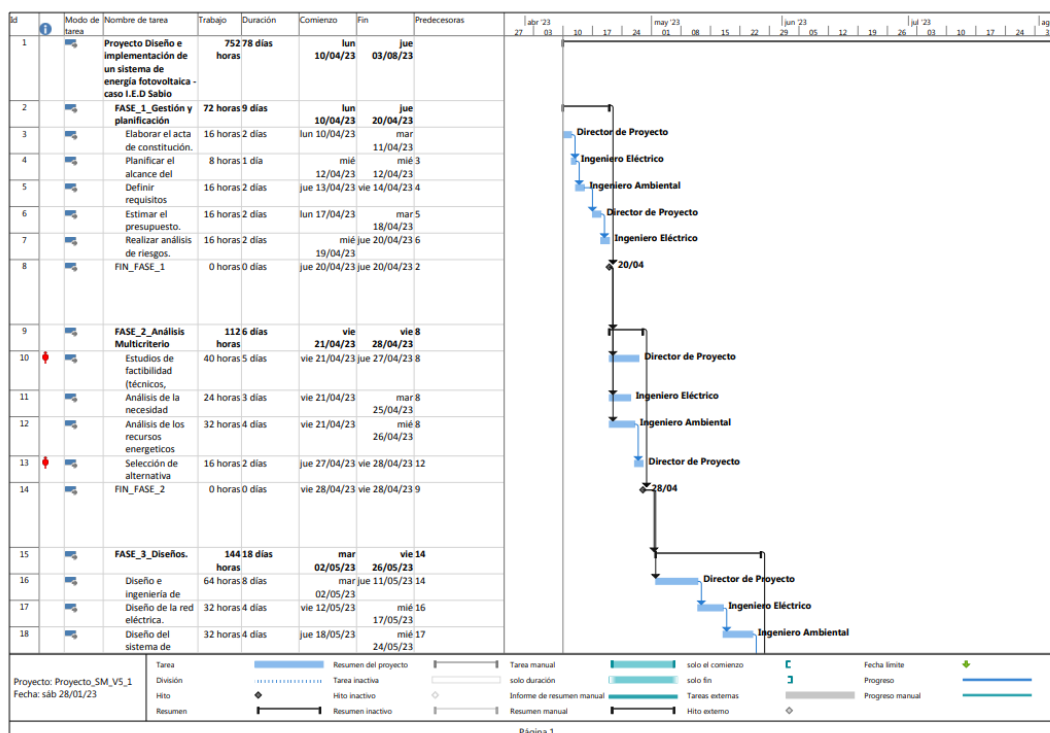
RP_11	Probable (4)	Probable	(Evitar) la adecuación de la estructura del panel solar para evitar contratiempos referentes a incendios y destrucción de la fauna de la región	Estudios de viabilidad de infraestructura y diseños.	Realizar reforzamiento de la infraestructura con su debido seguimiento y control.	\$1'500.000	Director de proyecto.	Mala calidad de los materiales.
RP_12	Remota (2)	Favorable	(Mitigar) plan de compras: incluir en la proyección del plan de compras los recursos necesarios para el mantenimiento de los paneles solares instalados.	Evaluar y revisar del presupuesto ejecutado, detectando desde que actividades se pueden reasignar los recursos faltantes, de lo contrario hacer viabilidad para uso de la reserva de contingencia.	Verificación de alcance y reprogramar planes presupuestales de los recursos destinados para el proyecto.	\$5'000.000	Director de proyecto.	Sobrecosto en actividades previas al mantenimiento.

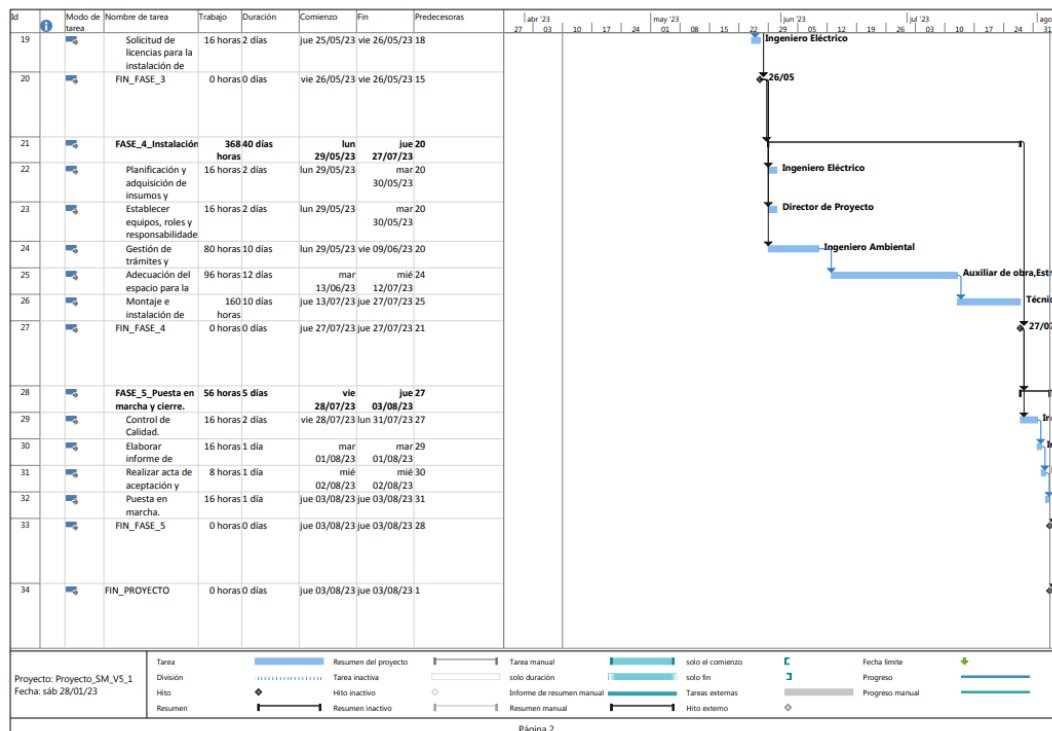
Fuente: elaboración propia.

8.3.5. Línea base del cronograma

Una vez definida la estructura de desglose de trabajo, se procedió a realizar el cronograma del proyecto. A continuación, se puede observar la línea base del cronograma del proyecto, representado en el diagrama de Gantt desarrollado en Microsoft Project.

Ilustración 26 Línea base del cronograma





Fuente: elaboración propia.

La línea base del cronograma cuenta con tres niveles, el primero es el proyecto, el segundo corresponde a las cinco (5) fases del proyecto, y el tercer nivel incluye las veintidós (22) actividades.

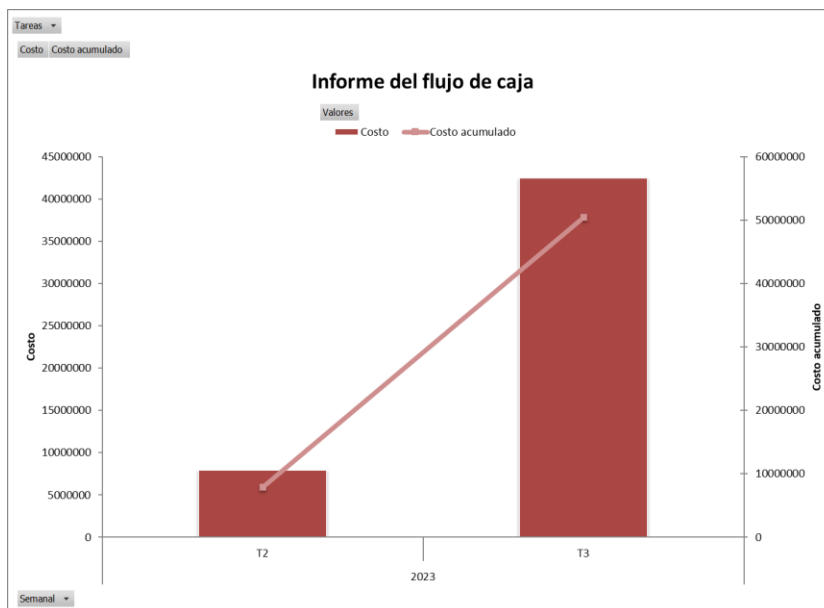
Una vez definidos los tiempos para cada actividad, se realizó la asignación de recursos, para lo cual se incluyeron recursos de tipo trabajo, costos y materiales. Posteriormente, se adelantó la nivelación de recursos y se creó la línea base del proyecto.

El control del cumplimiento del cronograma del proyecto deberá realizarse durante las reuniones de seguimiento del proyecto bajo el liderazgo del director del proyecto, utilizando el Gantt de seguimiento de Microsoft Project partiendo de la línea base inicial.

8.3.6. Informes de Microsoft Project

Microsoft Project también genera distintos informes que pueden utilizarse para analizar el avance del proyecto y tomar decisiones, uno de estos informes es el de flujo de caja, que para dar un ejemplo se muestra en la siguiente gráfica, sin embargo, es un instrumento que también debe ser analizado durante el avance del proyecto.

Gráfica 8 Informe de flujo de caja



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente gráfica también se puede verificar el resumen del peso de cada tipo de costo en el proyecto.

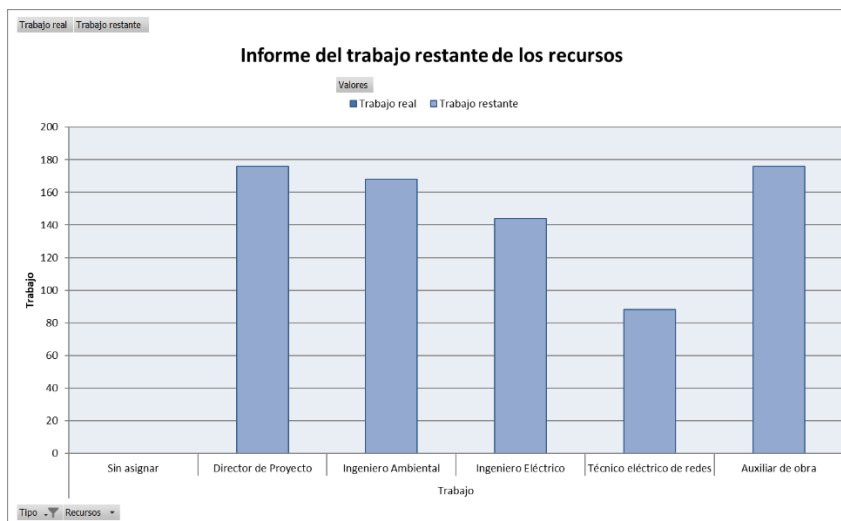
Gráfica 9 Informe de resumen de costos de los recursos



Fuente: elaboración propia.

En el informe que vemos a continuación, podemos observar si existen recursos sin asignación y la carga de cada uno de los recursos tiene asignada.

Gráfica 10 Informe de trabajo de los recursos



Fuente: elaboración propia.

9. Conclusiones

- Durante el desarrollo de este trabajo de grado, se consultaron referentes teóricos y normativos que aportaron a la construcción del marco conceptual y teórico suficiente para entender y plantear la propuesta metodológica para la implementación de un sistema de energía fotovoltaica en una institución educativa. No obstante, se considera que para el caso colombiano es necesario dar a conocer aún más los beneficios de la transición energética para que este tipo de proyectos sea entendido y adoptado por la sociedad, rompiendo paradigmas relacionados con los costos elevados y trámites dispendiosos para su implementación.
- La información consultada en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), nos permitió realizar un análisis técnico y detallado de las potencialidades energéticas en la zona en la que se ubica la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis, logrando concluir que la alternativa viable a implementar en este caso es un sistema de energía fotovoltaico debido a que se cuenta con una radiación solar superior al estándar para su funcionamiento eficiente.
- El ejercicio del cálculo de la huella de carbono para la institución objeto del caso de estudio, nos permitió visualizar que existen muchas medidas que podemos tomar en lo personal y a nivel organizacional para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), y que cada vez es más asequible tanto la información teórica para conocer diferentes alternativas de solución, como los proveedores que nos pueden brindar la asesoría o el servicio requerido.
- Debido a que existen diferentes alternativas de sistemas fotovoltaicos, se formuló un análisis multicriterio en el que se compararon dos (2) tipos de sistemas fotovoltaicos que permiten asegurar el mayor aprovechamiento de la energía solar, posteriormente con el apoyo de un experto se definieron los criterios de selección y se elaboró un formulario del

que se obtuvieron la puntuación a los criterios definidos y las observaciones de expertos que fueron consultados, concluyendo así que la mejor alternativa para el caso de estudio es la del sistema fotovoltaico de techo fijo.

- Los bloques de Aulas y salas de Laboratorios de la Institución Educativa, objeto de análisis para el proyecto, demostraron viabilidad técnica para la implementación de la energía solar fotovoltaica, las áreas comunes y pasillos, están debidamente construidas y el cableado al interior de las mismas está debidamente instalado y no interfiere en el normal funcionamiento de la edificación, por lo que está en condiciones de prestar el servicio de energía fotovoltaico con una capacidad de 8,7 kWp.
- En el comportamiento de parámetros climáticos como la radiación solar, velocidad del viento, se observó de cierta manera una tendencia acorde con la evolución del calentamiento global, y al mismo tiempo su utilidad fue sumamente importante para comprender la potencialidad energética de la zona.
- El plan de implementación de proyecto se desarrolló tomando como referente el PMBOK, y se procuró disponer y describir de manera práctica las herramientas a utilizar para la implementación de este tipo de proyecto en la institución educativa del caso de estudio y cualquier otra que desee hacerlo, determinando las fases que componen el ciclo de vida del proyecto, demostrando un retorno de la inversión en un plazo de cinco años, e identificando los beneficios tributarios a los que se puede acoger cualquier persona natural o jurídica según la normatividad vigente.
- Los cálculos de flujo de caja libre realizados en la evaluación financiera del proyecto, así como los rendimientos proyectados, demostraron de forma manifiesta y concluyente, una solidez en su rentabilidad, el cual, al cabo de periodo de 8 años, lograra cumplir con el retorno de la inversión, para un sistema de energía con una vida útil de 20 años.

- De manera general se concluye que: la Institución Educativa Departamental Sabio Mutis ubicada en La Mesa Cundinamarca, con la implementación de un sistema de energía fotovoltaico de techo fijo, podrá reducir sus costos de funcionamiento gracias a un retorno de la inversión que se calcula para ocho años, sumado a la obtención de beneficios tributarios establecidos en la normatividad vigente, y que además reducirá su impacto ambiental, a partir del primer año de implementación del proyecto, disminuyendo su huella de carbono calculada en 5220 kg de CO₂, y generando además un impacto social positivo en la comunidad educativa, sus familias y el municipio, demostrando la viabilidad de la utilización de este tipo de energía y promoviendo la implementación de proyectos de este tipo en otras edificaciones y viviendas.
- Como resultado de este ejercicio, logramos afianzar los conceptos y conocimiento adquiridos durante el estudio de los contenidos temáticos de la maestría en gerencia de proyectos, entendiendo con mayor claridad su aplicabilidad a casos reales de estudio, lo que nos ayudó a proponer una metodología para solucionar el problema identificado.

10. Referencias

- Agency, I. E. (2020). *World Energy Outlook*. Paris, Francia: IEA Publications.
- Arboleda Vélez, G. (2014). *Proyectos - Identificación, formulación, evaluación y*. Bogota: Alfaomega.
- BANREP. (2023). <https://www.banrep.gov.co/>. Obtenido de <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/tasas-captacion-semanales-y-mensuales>
- Chu, Y. (2011). *Review and comparisson of different solar energy technologies*. San Diego, EEUU: Global Energy Network Institute.
- Colombia, C. d. (2000). *Ley 629 de 2000*.
- Colombia, C. d. (2001). *Ley 697 de 2001*.
- Colombia, C. d. (2013). *Ley 1665 de 2013*.
- Colombia, C. d. (2014). *Ley 1715 de 2014*.
- Colombia, C. d. (2019). *Ley 1955 de 2019*.
- Colombia, C. d. (2021). *Ley 2099 de 2021*.
- CORPOEMA, C. E. (2010). *Fuentes no convencionales de energia*. Bogota, Colombia.
- Esturirafi. (2022). *Blog eco sostenible y saludable*. Obtenido de <https://www.esturirafi.com/2018/02/que-es-la-huella-de-carbono.html#:~:text=Podemos%20diferenciar%20dos%20tipos%20de%20huella%20de%20carbono%3A&text=Mide%20la%20totalidad%20de%20gases,Huella%20de%20carbono%20de%20producto>.
- Fedesarrollo. (2010). *Modelo económico y social para Cundinamarca*.
- FIFE, F. D. (2016). *PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA ESCOLAR*. Bogota.
- Fundación endesa. (2022). *Fundación endesa*. Obtenido de [fundacionendesa.org: https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa](https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-de-biomasa)
- Himri, Y. (2020). *Potential and economic feasibility of wind energy in south West region of Algeria*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213138819306800>
- ICEX España Exportación e Inversiones. (2018). *Energías Renovables en Colombia*.

- IDEAM. (2023). *Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- IDEAM. (2023). *Atlas de Viento de Colombia*. Obtenido de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>
- IDEAM. (2023). <http://www.ideam.gov.co/>. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>
- IED SABIO MUTIS, I. E. (2021). *MANUAL DE CONVIVENCIA*. La Mesa.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2014). *Mapa cartografía de La Mesa No. 227IIID*.
- Mesa, A. d. (2000). Documento Técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial. La mesa, Cundinamarca,.
- Mesa, A. M. (2000). Documento Técnico Plan Básico de Ordenamiento Territorial. La Mesa, Cundinamarca, Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2020). *mineducacion*. Obtenido de https://www.mineduacion.gov.co/sistemasdeinformacion/1735/w3-propertyvalue-48105.html?_noredirect=1
- Ministerio de Educación Nacional. (2020). *Mineducación*. Obtenido de <https://www.mineduacion.gov.co/portal/men/Publicaciones/Guias/296985:Guia-para-la-Elaboracion-de-planos-de-infraestructura-escolar-GTC-223>
- Ministerio de Educación Nacional. (2021). *Mineducación*. Obtenido de <https://www.mineduacion.gov.co/1621/w3-printer-242204.html>
- Naciones Unidas CEPAL. (2016). *Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/acuerdo-paris-la-convencion-marco-cambio-climatico>
- Naciones Unidas CEPAL. (2016). *Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-kyoto-la-convencion-marco-cambio-climatico>
- Pelayo López, J. A. (2018). *Comparison between a photovoltaic solar tracker efficiency and a fixed photovoltaic system*. Obtenido de <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/ojs/index.php/ingenieria/article/download/203/181/>
- Pinilla, Á. (2008). El Poder del Viento. *Revista de Ingeniería Universidad de los Andes*, 6.
- Romero, J. (2016). *Consideraciones para la instalación de sistemas de generación de energía solar fotovoltaica a pequeña escala en Colombia*. Mundo Eléctrico: revista especializada en electrotecnia.

SEDDIKI, M. y. (2019). *Multi-criteria evaluation of renewable energy alternatives for electricity generation in a residential building*.

Segura, N. B. (2022). *Blog Cómo realizar mantenimiento preventivo a los paneles solares*. Obtenido de Aprende Institute.: <https://aprende.com/blog/oficios/energia-solar/como-realizar-un-mantenimiento-preventivo-a-los-paneles-solares/>

Unidad de Planeación Minero Energetica. (2015). *www1.upme.gov.co*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf

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

UPME. (2020). *Resolución 203 de 2020*.

UPME. (s.f.). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf

USAQUÉN, M. Á. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA ORGANIZACIÓN*.