

**DOCUMENTO TÉCNICO PROYECTO FINAL
“CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA
LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DEL MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN
ANTIOQUIA”**

ESPECIALISTAS EN GESTIÓN DE PROYECTOS

**JUAN FELIPE BERNAL PEREZ
ANGELA MARIA LONDOÑO PEDRAZA**

ASESOR

EDUARDO ALEXANDER DUQUE GRISALES

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE PRODUCCIÓN Y DISEÑO
ESPECIALIZACION EN GESTIÓN DE PROYECTOS**

**MEDELLÍN
2020**

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL TRABAJO DE GRADO	Código:
	Versión:
	Página: 1 de 1

Nombre del trabajo de grado:

CONSTRUCCION DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DEL MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN ANTIOQUIA

Datos de los estudiantes:

Nombres y apellidos	Cédula	Programa	Correo Institucional
JUAN FELIPE BERNAL PEREZ	1037643707	ESP. GESTION DE PROYECTOS	juan.bernal707@pascualbravo.edu.co
ANGELA MARIA LONDOÑO PEDRAZA	66683886	ESP. GESTION DE PROYECTOS	am.londono@pascualbravo.edu.co

Modalidad a la que pertenece el Trabajo:

Investigativa Emprendimiento Práctica Formulación proyecto de inversión

CONCEPTO EVALUACIÓN	SÍ	NO
Aprobado	X	
Aprobado con correcciones		
No aprobado		

OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS DEL PROCESO: El trabajo de grado cumple con los requisitos y criterios de calidad definidos por la institución.

Fecha de entrega: 3 de diciembre de 2020

Firma: Eduardo Duque Grisales

Nombre del Asesor: EDUARDO ALEXANDER DUQUE GRISALES

Fecha: diciembre 16 de 2020

Elaboró: Jhobana Herrera Díaz	Revisó: Ima Lucía Franco	Aprobó
Fecha: 2020/11/26	Fecha:	Fecha:

Contenido

1. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DEL MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN ANTIOQUIA”	4
2. Resumen ejecutivo del proyecto	4
3. Marco teórico	5
3.1 Antecedentes	5
3.2 Bases teóricas	6
4. Identificación	10
4.1 Justificación	10
4.1.1 Contribución a la política pública	12
4.1.1.1. Contribución al Plan Nacional de Desarrollo	12
4.1.1.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial	13
4.1.1.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal	13
4.2. Problemática	14
4.2.1. Identificación y descripción del problema.....	14
4.2.1.1 Problema Central.....	14
4.2.1.2 Descripción de la situación existente con relación al problema	14
4.2.1.3 Magnitud actual del problema – Indicadores de referencia (línea base)	15
4.2.1.4 Causas directas e indirectas que generan el problema	15
4.2.1.5 Efectos directos e indirectos generados por el problema	16
4.3 Diagrama de Árbol de Problemas	17
4.4 Participantes	18
4.4.1 Identificación de los participantes	18
4.4.2 Análisis de los participantes	19
4.5 Población	19
4.5.1 Población afectada por el problema	19
4.5.2 Población objetivo de la intervención	20
4.5.3. Características demográficas de la población objetivo	20
4.6. Objetivos	21
4.6.1. Objetivo general e indicadores de seguimiento.....	21
4.6.2 Relaciones entre las causas y los objetivos (Objetivos específicos)	22

4.7. Diagrama del árbol de objetivos.....	23
4.8. Alternativas de solución:	24
5. Preparación	25
5.1 Estudio de necesidades	25
5.2 Análisis técnico de la alternativa	25
5.3 Localización	26
5.3.1 Localización de la alternativa	26
5.3.2 Factores analizados.	26
5.4 Cadena de valor	28
5.5. Análisis de riesgos	30
5.6. Ingresos y beneficios	32
5.7. Préstamos	35
5.8 Depreciación.....	36
6. Evaluación	37
6.1 Flujo económico	37
6.2 Indicadores de decisión (Evaluación económica)	39
7. Programación	40
7.1. Indicadores de producto	40
7.2. Indicadores de gestión	40
7.3 Fuentes de financiación	41
7.4. Matriz resumen del proyecto.....	42
8. Referencias	45

Tablas e Ilustraciones

Tabla 1. Objetivos de desarrollo sostenible	12
Tabla 2. Contribución al Plan Nacional de Desarrollo.	12
Tabla 3. Plan de Desarrollo Departamento de Antioquia.	13
Tabla 4. Plan de Desarrollo Municipio de Concepción.	13
Tabla 5. Causas directas e indirectas.	15
Tabla 6. Efectos directos e indirectos.	16
Tabla 7. Público objetivo.....	18
Tabla 8. Caracterización de población objetivo.....	20
Tabla 9. Relación causas y objetivos específicos.....	22
Tabla 10. Alternativas de solución.....	24
Tabla 11. Estudios de necesidades.....	25
Tabla 12. Localización de ejecución del Proyecto.....	26
Tabla 13. Cadena de Valor.....	28
Tabla 14. Análisis de riesgos.....	30
Tabla 15. Potencia generada por el sistema fotovoltaico (kWh).....	32
Tabla 16. Cantidad de toneladas de CO2 reducidas al año.	33
Tabla 17. Costos adicionales en compra de plantas eléctricas.....	34
Tabla 18. Totales Ingresos – Beneficios.....	35
Tabla 19. Valores de depreciación.	36
Tabla 20. Flujo Económico.....	37
Tabla 21. Indicadores de decisión.	39
Tabla 22. Indicadores de producto.	40
Tabla 23. Indicadores de gestión.	40
Tabla 24. Fuentes de financiación.....	41
Tabla 25. Matriz resumen del trabajo.....	42
Ilustración 1. Árbol de Problemas.....	17
Ilustración 2. Árbol de Objetivos.....	23

1. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS RURALES DEL MUNICIPIO DE CONCEPCIÓN ANTIOQUIA”

2. Resumen ejecutivo del proyecto

El municipio de Concepción en Antioquia cuenta con un limitado acceso al servicio de energía eléctrica, que afecta principalmente a las instituciones educativas en la zona rural del municipio. Esto genera una fuerte restricción en el acceso a oportunidades de educación y a las tecnológicas de la información por parte de la comunidad. Esta situación conlleva a plantear soluciones energéticas con fuentes no convencionales de energía, de modo que se garantice un servicio de calidad, continuo y no contaminante en la generación de energía eléctrica. Por esta razón, en este proyecto se plantea la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en 5 instituciones educativas del municipio. Para ello, se realiza un estudio técnico, de rentabilidad, de costo – eficiencia y costo mínimo para viabilizar la alternativa presentada. La alternativa presentada beneficiará a 588 personas que están distribuidos en las 5 instituciones educativas rurales ubicadas en las veredas La Cejita, Fátima, Morro Reyes, San Bartolomé y Peláez, dando como rentabilidad un valor presente neto (VPN) de \$ 178.945.005,26 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 23,78%.

3. Marco teórico

3.1 Antecedentes

El constante desarrollo tecnológico y social de la humanidad ha implicado una demanda progresiva de energía eléctrica. Sin embargo, los principales métodos de generación de energía utilizados en el mundo provienen de combustibles fósiles cuya reserva se está agotando rápidamente; estas fuentes representan mayor demanda por su bajo costo, pero afectan negativamente el medio ambiente, teniendo en cuenta que generan un aumento en el nivel de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) (Dogan & Seker, 2016).

Bajo este contexto, y dentro de la agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible realizado en el año 2015, la Asamblea General de las Naciones Unidas ONU aprobó el objetivo de impulsar el uso de energías renovables y, dentro de esta línea, Colombia está apostando a incrementar su inversión en energías limpias y renovables y garantizar que para el año 2030, el 100% de la población colombiana tenga acceso a la energía eléctrica (Herrero & Herrera, 2018).

Para cumplir con estas metas se destaca el uso de energías renovables, especialmente la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica para la generación de energía eléctrica, dando así una perspectiva para la conservación de los recursos naturales. En este sentido, Ladino (2011) expresa que la energía solar fotovoltaica puede considerarse como un factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Además, manifiesta que “los resultados en torno a las características sociales, ambientales, económicas y de política, con relación al uso de la energía fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural”. En este sentido, el objetivo es permitir el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes rurales con programas energéticos específicos.

En este mismo sentido, el Departamento Nacional de Planeación -DNP (2016), implementó un proyecto que formula una iniciativa para la prestación del servicio eléctrico en viviendas aisladas el cual está sujeto al cumplimiento del Ministerio de Minas y Energía para este tipo de inversiones, logrando así aportar alternativas de solución y estructuración generando ahorros en costos y tiempo. De acuerdo al análisis del proyecto, se observó que una de las grandes ventajas

de las fuentes de energía alternativas es la disminución de costos que pueda generar el proyecto en las zonas no interconectadas.

En esta misma línea, es importante resaltar los hallazgos del autor Collado (2009), que resalta cuales son los límites a medio y largo plazo de la competitividad económica de la energía solar en España y en el mundo en general, con base a la presentación de una metodología de revisión de la tarifa FV basada en una fórmula matemática que permita, a corto o medio plazo, ajustar el ritmo de nueva potencia instalada a la Planificación energética establecida a largo plazo.

De acuerdo con el autor Ramos (2016), en un estudio en Sonora y Baja California, en la que indica que el 20% de energía eléctrica que se obtiene es de fuentes renovables, también plantea una alternativa para el aprovechamiento de las energías limpias con la finalidad de conocer las barreras tecnológicas, políticas y geográficas. Destacando así que una de las características es que la Universidad participa como agente de conocimiento para que el sector público y privado haga su participación en la implementación de las energías limpias.

Para terminar, como indica el autor Peralta (2011) existen proyectos de energía fotovoltaica para las escuelas rurales de Colombia, como por ejemplo en el año 1999 en el departamento de Casanare, se ejecutó un proyecto dirigido a la población rural de las cuales se vieron beneficiadas 40 escuelas y 2.000 viviendas aisladas de las zonas interconectadas de los corredores eléctricos.

Estos antecedentes, resaltan la importancia y eficacia de los sistemas de energía solar fotovoltaica para aportar al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible y las metas de los países de la región, en particular Colombia, para abastecer a sus habitantes de energía eléctrica de manera amigable con el ambiente.

3.2 Bases teóricas

La energía renovable se define como “fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero –causantes del cambio climático- ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras

que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta”. (Labandeira, Linares, & Würzburg, 2012).

Para todas las actividades humanas el uso de la energía es vital, ya que está le permite realizar actos esenciales y procesos fundamentales para sobrevivir. La evolución del hombre como ser social, dinamizador económico y tecnológico, ha traído consigo también una evolución en el proceso energético situación que se evidencia fuertemente luego de la revolución industrial (Velasco, 2009).

La globalización económica, política y social ha generado grandes cambios en el mundo actual, tanto en los individuos como en los procesos naturales, como consecuencia el ritmo de vida acelerado de las personas, poco coherente con la sostenibilidad del planeta, el cual exige el uso indiscriminado y acelerado de los recursos naturales, pero a su vez también impulsa a la búsqueda de soluciones y alternativas que disminuyan los impactos poco favorables. Una de estas alternativas es la energía renovable. “La tecnología será importante para corregir los problemas ambientales y alcanzar un desarrollo global sostenido (definido en la sección 1.6.1). No obstante, el desarrollo sostenido a largo plazo será aún más dependiente de la cooperación entre los gobiernos, las industrias y la sociedad para implantar políticas ambientales sólidas” (Heinke, 1999).

Las energías renovables se constituyen como la energía que “está disponible a partir de procesos permanentes y naturales de conversión de energía, explotables económicamente en las condiciones actuales o en las de un futuro próximo”. (Mheducation, 2006, p27)

De acuerdo Mheducation (2006) define que las energías renovables como un procesos naturales y permanentes, es decir, procesos que aseguren la existencia de esas fuentes de energía primaria de forma continua dentro de una escala de tiempo acorde con la del hombre y con la de nuestra sociedad y, por otro, que estén disponibles de forma económica hoy en día o en poco tiempo mediante el desarrollo de nuevas tecnologías. Conforme a esta definición, las energías renovables que se utilizan como energía primaria para la producción de electricidad son:

- La energía hidráulica de potencia inferior a 10 MW.
- La energía eólica.
- La energía solar, tanto su aprovechamiento térmico (solar de alta temperatura) como directo (solar fotovoltaica).
- La energía geotérmica.
- La energía del mar, tanto de las mareas como de las olas y de las corrientes marinas.
- La energía almacenada en la biomasa.
- La pila de combustible.

Este tipo de fuentes se han convertidos en opciones favorables para la generación a partir de procesos amigables con el medio ambiente y que contribuyen al desarrollo sostenible de la

sociedad. La condición de estas fuentes energéticas se encuentra en etapas de investigación y otras en desarrollo, pero ya han mostrado resultados positivos y favorables, aunque con costos financieros elevados en su implementación y construcción. Estas variables de costos se han demostrado a lo largo del tiempo han ido disminuyendo y reduciendo a valores asequibles con tiempos de retorno a la inversión aceptables. (Murcia, 2008).

Según Badii (2016), las energías renovables traen beneficios económicos, sociales y ambientales, que ayudan al uso racional de los recursos naturales, y traen como reto la reducción del uso de energías no renovables que deterioran el medio ambiente; en consecuencia la autora propone el uso de fuentes renovables que sean benignas para el medio ambiente, y estipula que el uso de la energía solar es una estrategia que viabiliza el desarrollo sustentable; con lo anterior se puede decir que “A corto plazo la prioridad es incrementar la eficiencia energética, pero ésta tiene unos límites económicos y termodinámicos, por lo que a más largo plazo sólo el desarrollo de las energías renovables permitirá resolver los grandes retos del futuro” (Santamarta José, 2010 pág.34).

La energía fotovoltaica es la solución para crecer sosteniblemente para construir un mundo mejor. Las energías fotovoltaicas ofrecen calidad e innovación y están fabricados bajo los más estrictos controles medioambientales (Atersa Grupo Elector,2011). De manera particular, los paneles fotovoltaicos en consecuencia con Pilco y Jaramillo, (2008) es el componente encargado de captar radiación solar para así poder transformarla en energía eléctrica. De igual forma hablan sobre su vida útil la cual puede llegar a los 30 años y su mantenimiento consta de la limpieza del vidrio con el fin de captar la radiación solar.

Una buena forma de aprovechar la tecnología y de contribuir positivamente al calentamiento global, sería la utilización de energía fotovoltaica en escuelas públicas, tal como lo manifiesta la señora Ana Liboria Ramos rectora de la Institución Educativa León XIII, que acoge por cobertura a los niños que viven en el sector Altos de Oriente, de la vereda Granizal de Bello en donde ya se utilizan paneles solares “un proyecto tan lindo como este, permite cruzar el umbral hacia una nueva calidad de vida” (UdeA. 2017).

Una nueva publicación de la FAO, titulada "Energía solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo rural sostenibles", los sistemas fotovoltaicos de energía solar pueden ser parte de una posible solución, para encontrar otras fuentes de energía que a su vez sean económicas e inocuas para el medio ambiente, con el fin de incrementar la productividad agrícola y mejorar la calidad de vida de las comunidades rurales. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2000).

La autora Esteve (2011) en su trabajo de grado “Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica” hace referencia que una de las alternativas de generación solar y eólica en las ZNI se considera de alta pertinencia, ya que los

avances que han tenido en las tecnologías en los últimos años han permitido obtener resultados altamente eficientes a costos asequibles; no obstante, la aplicación en Colombia de estas energías sigue siendo limitada.

De acuerdo con las investigaciones, el proyecto que ha causado un gran impacto está ubicado en el departamento de Nariño, donde se implementó el contrato de “obra para el suministro transporte e instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales para la vereda Candelilla de la Mar en el municipio de Tumaco” (IPSE,2017); por lo cual, su objetivo es la instalación de soluciones solares fotovoltaicas individuales para la electrificación, esto quiere decir, que cada vivienda de esta vereda cuenta con un panel fotovoltaico único para el uso del hogar, ya que su proceso es que durante el día las baterías se recargan con sol (no todas las veces son días soleados) y en la noche ilumina toda la vivienda con el consumo que obtuvo durante el día. Esta vereda es una zona no interconectada (ZNI) con la energía eléctrica por lo tanto esto es una gran solución para el municipio y su vereda. La cantidad de familias que cuentan con este sistema es de 184, donde su funcionalidad es muy alta ya que durante la noche pueden tener luz, por lo tanto, su potencia es de 135240W.

Con el desarrollo de la generación de energía eléctrica con los rayos ultravioleta a nivel mundial, Colombia no fue ajena a este desarrollo tecnológico. Es así que el máximo desarrollo se alcanzó en el año 1996 donde se habían instalado 48 901 m² de calentadores solares, principalmente en Medellín y Bogotá, con financiación del Banco Central Hipotecario. La mayoría de los sistemas funcionaban bien, pero algunos usuarios esperaban más de los sistemas, lo cual se ha entendido como que la demanda era superior a la capacidad de los mismos. No se han realizado nuevos estudios o evaluaciones sobre cómo se han comportado los sistemas instalados, aunque se sabe, por ejemplo, que el calentador de la antigua sede de la Empresa de Energía de Bogotá lleva más de 25 años suministrando agua caliente. Actualmente, la industria de calentadores solares en el país sigue deprimida a la espera de una nueva crisis de energía”. (Murcia, 2008)

“La generación de electricidad con energía solar empleando sistemas fotovoltaicos ha estado siempre dirigida al sector rural, en donde los altos costos de generación originados principalmente en el precio de los combustibles, y los costos de Operación y Mantenimiento en las distantes zonas remotas, hacen que la generación solar resulte más económica en el largo plazo y confiable. Estas actividades surgieron con el Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom a comienzos de los años 80, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional. En este programa se instalaron pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Wp: vatio pico) para radioteléfonos rurales y ya en 1983 habían instalados 2 950 de tales sistemas. El programa continuó instalando estos sistemas y pronto se escaló a sistemas de 3 a 4 kWp para las antenas satelitales terrenas. Muchas empresas comenzaron a instalar sistemas para sus servicios de telecomunicaciones y actualmente se emplean sistemas solares en repetidoras de microondas,

boyas, estaciones remotas, bases militares, entre otras aplicaciones. Estos sistemas son hoy esenciales para las telecomunicaciones rurales del país.” (Murcia, 2008).

En el caso de Antioquia la Gobernación de Antioquia, (2018) trabaja en la instalación de paneles fotovoltaicos en 18 municipios de Antioquia, de los cuales son 134 escuelas entre ellas 63 escuelas indígenas y centros comunales ubicadas en zonas rurales apartadas y de difícil acceso se verán beneficiadas.

“Según un estudio realizado, entre 1985 y 1994 se importaron 48 499 módulos solares para una potencia de 2.05 MWp. De estos 21 238 módulos con una potencia de 843.6 kW en proyectos de telecomunicaciones y 20 829 módulos con 953.5 kWp en electrificación rural. El estudio anterior también indicó, sobre una muestra de 248 sistemas (con 419 módulos), que 56% de los sistemas funcionaban sin problemas, 37% funcionaban con algunos problemas y 8% estaban fuera de servicio. Como principal fuente de problemas se encontraron la falta de mínimo mantenimiento, suministro de partes de reemplazo (reguladores y lámparas) y sistemas sub-dimensionados.” (Murcia, 2008).

“Durante los últimos años, se han instalado muchos más sistemas en los programas de electrificación rural, con fuerte financiación del Estado, haciendo uso actualmente de recursos como el FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas). El IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas) es en la actualidad la institución que lidera las acciones del Estado en la energización del campo colombiano. Según esta institución hay en la actualidad más de 15 000 sistemas instalados para estas aplicaciones. Pero, además, el IPSE tiene en desarrollo soluciones innovadoras como sistemas híbridos, en donde se combinan por ejemplo la energía solar fotovoltaica y las plantas diésel, para reducir los costos de generación del diésel y emplear el generador diésel como respaldo. El mercado de sistemas solares fotovoltaicos tuvo su boom hacia finales de los años ochenta con el programa de telecomunicaciones rurales de Teleco; las conocidas dificultades de orden público de la década de 90 frenaron el desarrollo del mercado, que aún se puede estimar en el orden de 300 kW por año. Si se consideran 30 años de desarrollo de este mercado, entonces la potencia instalada sería del orden de 9 MWp”. (Murcia, 2008).

4. Identificación

4.1 Justificación

En la jurisdicción del Municipio de Concepción, Antioquia, las Instituciones Educativas rurales vienen presentando intermitencias con respecto al uso de energía eléctrica convencional;

esto ocasiona una restricción en el acceso a oportunidades de educación, salud, productividad y a las tecnológicas de la información. Analizando las necesidades de la comunidad, debido al limitado acceso de energía se ven obligados a la suspensión de las actividades académicas, se llegó al consenso de que los estudiantes no están teniendo un óptimo rendimiento en sus actividades y por ende, se ve afectado su nivel de educación.

Esta situación conlleva a plantear soluciones energéticas con fuentes no convencionales de energía, de tipo solar, de modo que se garantice un servicio de calidad, continuo, seguro, asequible, no contaminante, y que permita la generación de energía eléctrica, aprovechando los recursos energéticos de la región. En este sentido, la solución a esta problemática es la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en las instituciones educativas para evitar los problemas que se ocasionan en las suspensiones de energía en cada jornada escolar.

Cabe notar que este tipo de energía, generada por el sol, no necesita ser extraída como el caso de la energía fósil, ni es necesario transportarla hasta el lugar que se requiere, no genera emisión de gases ni de ruido, ni precisa de combustibles para su funcionamiento, tampoco requiere de grandes construcciones para su implementación y tiene requerimientos mínimos de cuidado y mantenimiento. Además, ayudan a reducir los gases de efecto invernadero, contribuyendo a minimizar el calentamiento global, se consideran también energías limpias por ser más respetuosas con el medio ambiente que las energías convencionales, de igual forma ayuda a reducir las enfermedades relacionadas con la contaminación. Y este cambio no sólo trae ventajas al medio ambiente sino también a la economía y al aprovechamiento de la energía en la región.

Su instalación puede llegar a ser más ventajosa que otras alternativas de solución desde el punto de vista económico, si se compara en muchos casos con la extensión de redes para conectarse al Sistema Interconectado Nacional - SIN; adicionalmente, el municipio de Concepción cuenta con zonas que poseen un alto potencial energético solar por su ubicación y radiación, ya que se encuentra en la zona ecuatorial, lo que hace que se ubique en la zona tórrida o intertropical, región de bajas latitudes, ocasionando que cuente con la misma iluminación solar todo el año. Además, con el desarrollo de este proyecto se lograrán beneficios económicos, dado que respecto al

consumo de energía eléctrica se puede llegar a lograr entre un 20% y 60% de ahorro en la factura de servicios públicos.

4.1.1 Contribución a la política pública

Tabla 1. Objetivos de desarrollo sostenible

Objetivos de desarrollo sostenible		
ODS	Descripción	Meta
7. Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna	Este objetivo busca Expandir la infraestructura y mejorar la tecnología para contar con energía limpia en todos los países en desarrollo	7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

Fuente: Objetivos de desarrollo sostenible.¹

4.1.1.1. Contribución al Plan Nacional de Desarrollo

Tabla 2. Contribución al Plan Nacional de Desarrollo.

Plan Nacional de Desarrollo (2018-2022) Pacto por Colombia, pacto por la equidad)			
Sector	Programa	Pacto	Línea
21 - Minas y Energía	2102 - Consolidación productiva del sector de energía eléctrica	3008 - VIII. Pacto por la calidad y eficiencia de servicios públicos: agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos	300801 - 1. Energía que transforma: hacia un sector energético más innovador, competitivo, limpio y equitativo

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo Nacional 2018-2022. “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”²

¹ Objetivos de Desarrollo Sostenible. [Energía – Desarrollo Sostenible \(un.org\)](https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/)

² Plan Nacional de Desarrollo Nacional 2018-2022. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Pacto-por-Colombia-pacto-por-la-equidad-2018-2022.pdf>

4.1.1.2 Plan de Desarrollo Departamental o Sectorial

Tabla 3. Plan de Desarrollo Departamento de Antioquia.

Plan de desarrollo departamental (2020-2023) “Unidos por la Vida”			
Línea estratégica	Componente	Programa	Indicador
Línea 2. Nuestra Economía	6. Unidos Por La Energía Sostenible Para El Desarrollo Territorial	1. Unidos por la energía para la equidad territorial	Centros educativos rurales con suministro de energía eléctrica a través de sistemas alternativos, para potenciar la comunicación y la conectividad

Fuente: Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023 “Unidos por la Vida”³

4.1.1.3 Plan de Desarrollo Distrital o Municipal

Tabla 4. Plan de Desarrollo Municipio de Concepción.

Plan de desarrollo Municipal (2020-2023 “Un proyecto de todos”			
Línea estratégica	Componente	Programa	Indicador
Línea 3. Desarrollo Económico Sostenible	Planes de desarrollo territorial que involucran estrategias de gestión del cambio climático	Crecimiento verde, Energía fotovoltaica, tutorado alternativo, micro invernaderos y agroecología.	Capacidad instalada en fuentes no convencionales de energía

Fuente: Construcción Del Plan De Desarrollo 2020-2023 “Un proyecto de todos”⁴

³ Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023. [Plan de Desarrollo Antioquia 2020 -2023](#)

⁴ Construcción Del Plan De Desarrollo 2020-2023. [Plan de Desarrollo 2020-2023 - Alcaldía Municipal de Concepción en Antioquia \(concepcion-antioquia.gov.co\)](#)

4.2. Problemática

4.2.1. Identificación y descripción del problema

4.2.1.1 Problema Central

Limitado acceso al servicio de energía eléctrica de las instituciones educativas en la zona rural del municipio de Concepción, Antioquia.

4.2.1.2 Descripción de la situación existente con relación al problema

El municipio de Concepción tiene una población promedio de habitantes de 4.738 con sus 24 veredas. Sólo 19 veredas cuentan con instituciones educativas, presentando en la actualidad un limitado acceso al servicio de energía eléctrica, debido específicamente a los deficientes sistemas de provisión de energía en la zona rural del municipio. Esta situación se presenta por las limitadas alternativas de provisión de energía eléctrica para la población aislada y el inadecuado funcionamiento de los sistemas de provisión de energía alternativa existentes. En el municipio de Concepción, el servicio de energía eléctrica es prestado por el Operador de Red, Empresas Públicas de Medellín-EPM, y de acuerdo con las cifras de cobertura de servicio de energía según censo DANE 2018, la zona rural del municipio de Concepción cuenta con un 79.23% de cobertura del servicio de energía eléctrica, afectando a las 19 instituciones educativas de la zona. Además, para esta zona no se cuenta con planes de expansión de redes por los altos costos que implica la ampliación de la red de distribución eléctrica existente, teniendo en cuenta que la topología del terreno es de difícil acceso con población dispersa.

Lo anterior genera la dependencia exclusiva del servicio de energía eléctrica que pueda prestarse por parte del operador, ya que las Instituciones Educativas rurales no cuentan con sistemas de provisión de energía alternativos lo que lleva a la suspensión de clases al momento de presentarse fallos en el sistema de energía eléctrica; además de la baja productividad en sus tareas limitando las horas de estudio y trabajo en las instituciones, entre otras afectaciones sociales. Todo esto ha generado una baja calidad en la educación de la región.

Otra causa que se ve afectada por las intermitencias en el servicio de energía eléctrica es que los alimentos que se proveen a los estudiantes se pueden descomponer fácilmente por falta de

refrigeración, generando así posibles intoxicaciones o enfermedades a quienes lo consuman; además podrían aparecer gastos adicionales debido a fallos en los electrodomésticos como computadores, ventiladores, lámparas, etc.

4.2.1.3 Magnitud actual del problema – Indicadores de referencia (línea base)

La cobertura en energía eléctrica para la zona rural del municipio de Concepción es de 79.23% según censo DANE de 2018, proyectado 2020, afectando la calidad de la educación de las 19 instituciones educativas del área rural.

4.2.1.4 Causas directas e indirectas que generan el problema

Las causas del problema se logran identificar en la Tabla 5. Donde se presentan las causas directas e indirectas del problema central.

Tabla 5. Causas directas e indirectas.

CAUSAS DIRECTAS	CAUSAS INDIRECTAS
1. Deficientes sistemas de provisión de energía en las instituciones educativas de la zona rural del municipio.	1.1. Limitadas alternativas de provisión de energía eléctrica para las instituciones educativas de la zona rural del municipio. 1.2. Inadecuado funcionamiento de los sistemas de provisión de energía alternativa existentes (caídas en los niveles de energía).

4.2.1.5 Efectos directos e indirectos generados por el problema

Los efectos del problema central se derivan de las causas directas las cuales se observan en la siguiente tabla.

Tabla 6. Efectos directos e indirectos.

EFFECTOS DIRECTOS	EFFECTOS INDIRECTOS
1. Baja productividad en las actividades escolares	1.1. Aumento de la deserción escolar. 1.2. Baja calidad de la educación en la región. 1.2.1 Bajo acceso a la educación superior y al mercado laboral.
2. Dependencia de combustibles tradicionales y de origen fósil	2.1. Transformación y daño ambiental 2.1.1. Aumento en las emisiones de carbono.

4.3 Diagrama de Árbol de Problemas

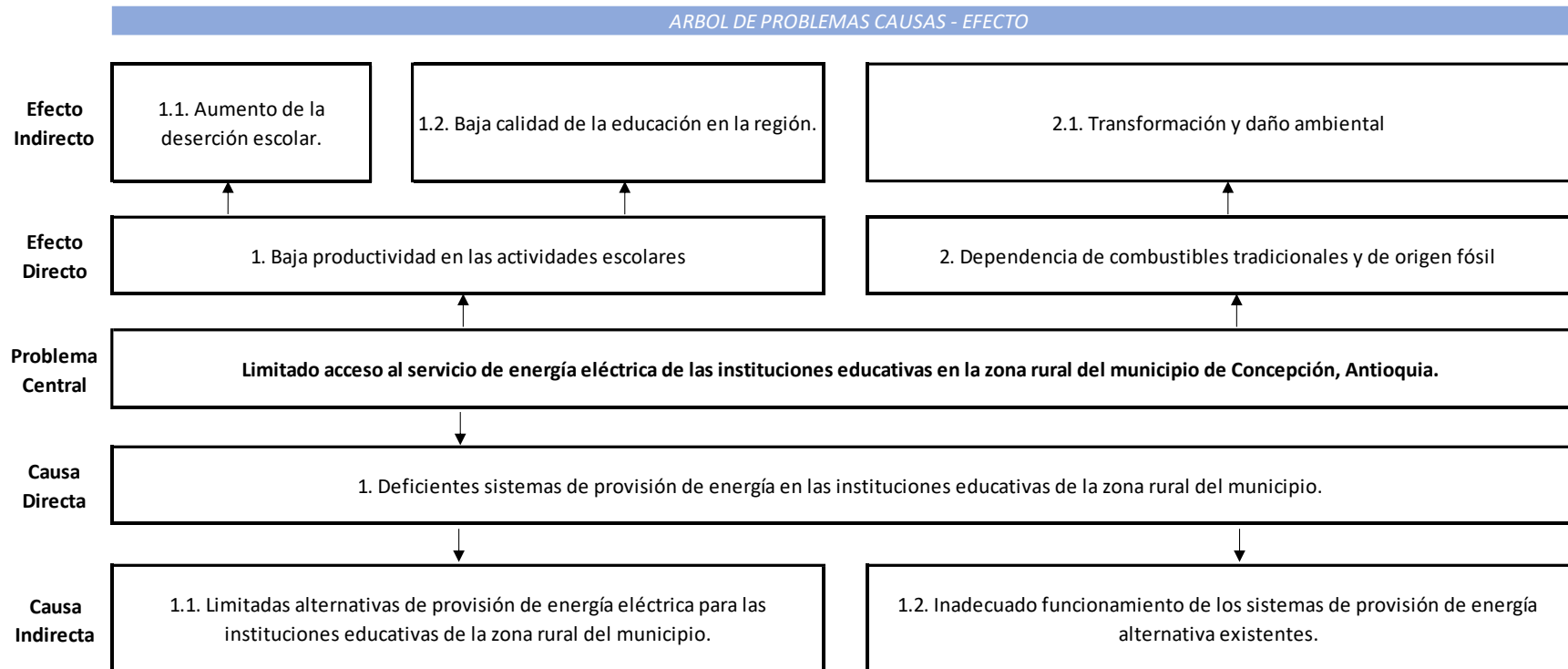


Ilustración 1. Árbol de Problemas

Fuente: Elaboración Propia

4.4 Participantes

4.4.1 Identificación de los participantes

Tabla 7. Público objetivo

Actor	Entidad	Posición	Intereses o expectativas	Contribución o Gestión
Nacional	Ministerio de Minas y Energías	Cooperante	Garantizar el servicio de energía en todas las zonas no conectadas del territorio nacional	Prestar asistencia técnica en la estructuración de los proyectos.
Departamental	Gobernación de Antioquia	Cooperante	Asegurar que se presten en su territorio las actividades de generación de energía eléctrica, por parte de empresas oficiales, mixtas o privadas.	Apoyar financiera, técnica y administrativamente el proyecto.
Municipal	Municipio Concepción, Antioquia	Cooperante	Asegurar que se preste de manera eficiente a sus habitantes el servicio de energía eléctrica en la zona rural.	Apoyar financiera, técnica y administrativamente el proyecto.
Otro	Instituciones Educativas	Beneficiario	Contar con el servicio de energía eléctrica en las Instituciones Educativas Rurales.	Hacer uso adecuado de los sistemas implementados.
Otro	Comunidad	Beneficiario	Contar con el servicio de energía eléctrica.	* Hacer uso adecuado de los sistemas implementados. *Realizar veedurías ciudadanas en la etapa de implementación del proyecto.
Otro	Empresas de Servicios Públicos	Cooperante	Administración eficiente del servicio de energía eléctrica.	Prestar el servicio de energía y realizar mantenimiento a los equipos.

4.4.2 Análisis de los participantes

El presente proyecto fue elaborado con la participación de los líderes comunitarios del municipio, rectores de instituciones educativas y del secretario de educación, realizando recorridos y socialización por cada una de las veredas, teniendo en cuenta los elementos técnicos definidos por el Ministerio de Minas y Energía y las referencias de prestación de cobertura del servicio de energía del Departamento de Antioquia.

En el marco de esta iniciativa y con el objetivo de valorar las necesidades y expectativas de uso del servicio de energía de las instituciones educativas objeto de esta propuesta, se realizó un ejercicio de caracterización de cada IE identificada por vereda, determinando la demanda requerida de energía por cada institución en el marco del levantamiento del diagnóstico técnico.

Tal como se identifica a través del Plan de Desarrollo de la entidad territorial se requiere avanzar hacia mayores coberturas del servicio de energía tomando medios alternativos para su provisión. De esta manera se espera realizar la socialización de la propuesta con la alcaldía municipal para su apoyo en la implementación del proyecto.

Se espera el apoyo de la entidad prestadora del servicio de energía eléctrica para garantizar la operación y sostenibilidad del servicio.

4.5 Población

4.5.1 Población afectada por el problema

La población afectada en el municipio de Concepción, Antioquia de las 19 instituciones educativas son 1428 personas.

Fuente de la información: corresponde al total de la población de las 19 instituciones educativas de la zona rural con limitado acceso a energía eléctrica, según datos de la Secretaria de Educación del municipio de Concepción, Antioquia.

4.5.2 Población objetivo de la intervención

La población a intervenir son 588 personas que están distribuidos en 5 instituciones educativas rurales ubicadas en las veredas La Cejita, Fátima, Morro Reyes, San Bartolomé y Peláez.

Fuente de la información: corresponde al total de la población de las 5 instituciones educativas de la zona rural con limitado acceso a energía eléctrica, según datos de la Secretaria de Educación del municipio de Concepción, Antioquia.

4.5.3. Características demográficas de la población objetivo

Tabla 8. Caracterización de población objetivo

Rango de Edad	Número de personas	Hombres	Mujeres	Fuente
0 a 14 años	196	90	106	Secretaria de Educación Concepción, Antioquia
15 a 19 años	57	27	30	Secretaria de Educación Concepción, Antioquia
20 a 59 años	335	148	187	Secretaria de Educación Concepción, Antioquia

4.6. Objetivos

4.6.1. Objetivo general e indicadores de seguimiento

Problema central: Limitado acceso al servicio de energía eléctrica de las instituciones educativas en la zona rural del municipio de Concepción, Antioquia.

Objetivo general – propósito: Aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica de las instituciones educativas en la zona rural del Municipio de Concepción, Antioquia.

Indicadores para medir el objetivo general: Cobertura del servicio de energía eléctrica en las instituciones educativas en la zona rural del municipio de Concepción, Antioquia.

Medido a través de: porcentaje

Meta: 95%

Tipo de fuente: Documento oficial

Fuente de verificación: Sistema único de verificación de servicios públicos

4.6.2 Relaciones entre las causas y los objetivos (Objetivos específicos)

Tabla 9. Relación causas y objetivos específicos

CAUSAS DIRECTAS	Objetivos Específicos
1. Deficientes sistemas de provisión de energía en las instituciones educativas de la zona rural del municipio.	Incrementar los sistemas de provisión de energía en las instituciones educativas de la zona rural del municipio.
1.1. Limitadas alternativas de provisión de energía eléctrica para las instituciones educativas de la zona rural del municipio.	Aumentar alternativas de provisión de energía eléctrica para las instituciones educativas de la zona rural del municipio.
1.2. Inadecuado funcionamiento de los sistemas de provisión de energía alternativa existentes (caídas en los niveles de energía).	Mejorar el funcionamiento de los sistemas de provisión de energía alternativa existentes.

4.7. Diagrama del árbol de objetivos

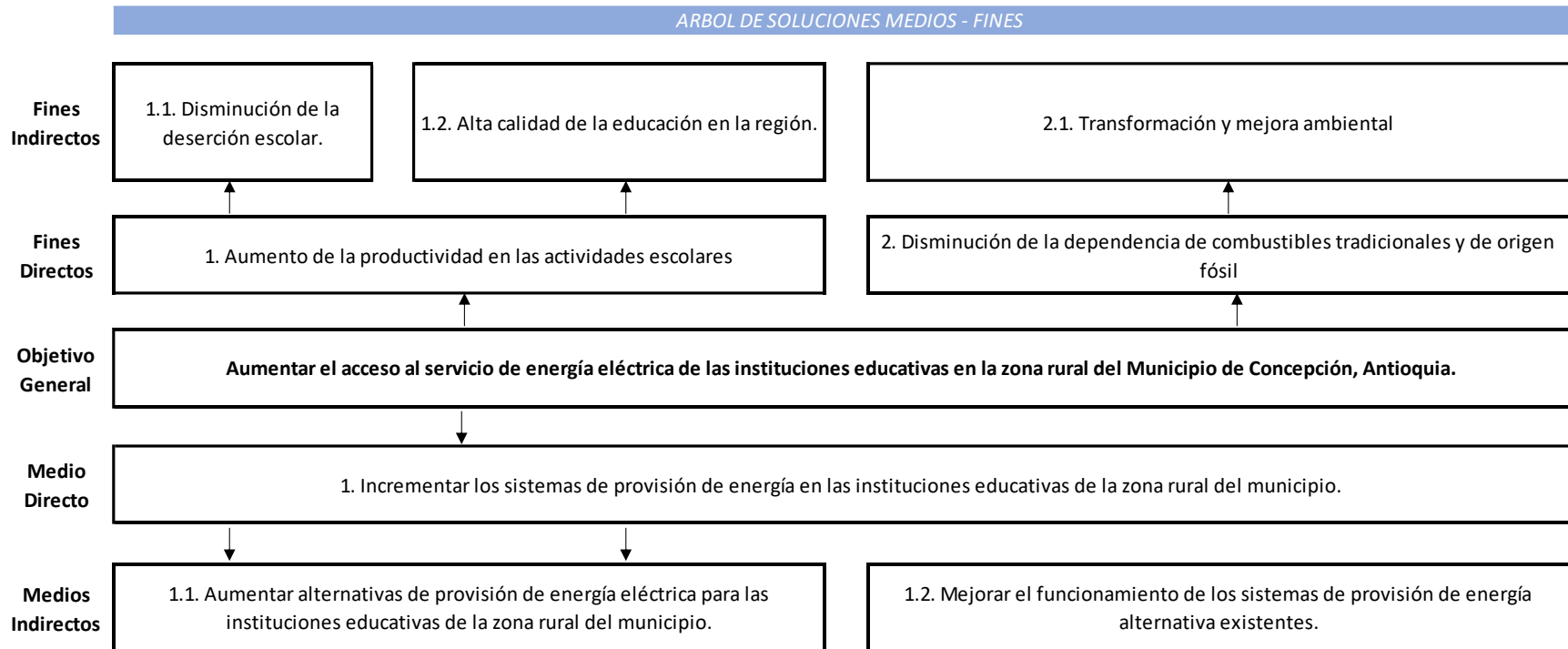


Ilustración 2. Árbol de Objetivos

Fuente: Elaboración Propia

4.8. Alternativas de solución:

Tabla 10. Alternativas de solución

Alternativa		Costo-beneficio	Impacto duradero	Viabilidad
1	Implementación de sistemas fotovoltaicos	Altos Costos/Altos Beneficios	Alto	Viable
2	Ampliación de sistema de potencia (construcción de redes de media y baja tensión)	Altos Costos/Bajo Beneficios	No tiene	No es viable por temas financieros y técnicos

Evaluaciones a realizar: Rentabilidad, costo – eficiencia y costo mínimo.

5. Preparación

5.1 Estudio de necesidades

Bien o servicio: Suministro de sistemas solares fotovoltaicos en las instituciones educativas en la zona rural del Municipio de Concepción, Antioquia.

Descripción del bien o servicio: Consiste en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en las instituciones educativas en la zona rural del Municipio de Concepción, Antioquia para aumentar la cobertura en uso de energías renovables

Medido a través de: Unidad

Tabla 11. Estudios de necesidades

Año	Oferta	Demanda	Déficit
2016	0	19	-19
2017	0	19	-19
2018	0	19	-19
2019	0	19	-19
2020	0	19	-19

5.2 Análisis técnico de la alternativa

La alternativa consiste en la instalación de servicios de cobertura en uso de energías renovables para 5 instituciones educativas por medio de sistemas de energía solar fotovoltaica autónomas en las veredas La Cejita, Fátima, Morro Reyes, San Bartolomé y Peláez. Estas soluciones estarán conformadas por 2 módulos solares de 370 watt, con capacidad total de 740 watt pico. Los módulos fotovoltaicos estarán soportados en una estructura metálica, estarán elevadas 2,5 metros del suelo por un poste metálico de 4" sobre una base en concreto de 3000 p.s.i. Esta estructura estará a una distancia de aproximadamente 2 metros de cada institución educativa.

El sistema también cuenta con un controlador MMPT de 30 amperios, haciéndolos trabajar siempre en el punto de máxima potencia; este se encargará de regular la energía que los paneles

solares envían al banco de baterías y que controla la carga y la descarga de forma eficiente. Se utilizará una batería de Ion-litio de ciclo profundo con capacidad de 105 Ah - 24 VDC \pm mínimo 3600 ciclos al 80% DOD. La corriente que sale del banco de baterías pasa por el inversor de 1000 watt, de onda completa sinusoidal, el cual transforma la corriente continua que le llega del banco de baterías a 24v en corriente alterna a 120v para poder alimentar los electrodomésticos y luminarias que se conecten. Puesta a Tierra: una varilla de cobre desnuda de mínimo 2,4 m de longitud.

Todos los equipos electrónicos y acumuladores estarán protegidos dentro de un gabinete metálico diseñado para intemperie. Asimismo, para cada Institución Educativa se instalará una acometida interna con caja eléctrica o tablero de circuitos.

Finalmente, se realizarán talleres de sensibilización en las Instituciones Educativas para los rectores, docentes, estudiantes y comunidad en general, en los horarios concertados, para el buen uso y cuidado de los dispositivos fotovoltaicos y el buen uso del recurso energético.

5.3 Localización

5.3.1 Localización de la alternativa

Tabla 12. Localización de ejecución del Proyecto

Región	Departamento	Municipio	Área de Localización	Localización específica
Occidente	Antioquia	Concepción	Rural	6°23'53" de latitud norte y 75°16'01" de longitud oeste de Greenwich

5.3.2 Factores analizados.

Para esta alternativa se analizaron los siguientes factores que a continuación se listan:

- Aspectos administrativos y políticos
- Cercanía a la población objetivo
- Cercanía de fuentes de abastecimiento de energía.

- Disponibilidad de servicios públicos domiciliarios (Agua, energía y otros)
- Disponibilidad y costo de mano de obra
- Estructura impositiva y legal
- Factores ambientales
- Medios y costos de transporte
- Orden público

5.4 Cadena de valor

Nombre del producto: Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas.

Descripción del producto: Unidades de generación de energía eléctrica instaladas individualmente, mediante las cuales se realiza la transformación de energía solar. Compuesta por celdas fotovoltaicas regulador de cara, inversor, baterías (sistema de almacenamiento), accesorios de conexión, puesta a tierra, y la estructura de soporte que se compone de poste galvanizado, base y cimentación en concreto.

Medido a través de: Número de unidades

Cantidad: 5

Tabla 13. Cadena de Valor.

Producto	Etapa	Actividades	Insumo	Cantidad	Valor Unidad	Valor Total	Costo
	Inversión	1.1.1 Realizar el estudio de localización y replanteo de obra (estudio técnico).	1. Mano de obra no calificada	2	\$ 2,260,000	\$4,520,000	\$ 15,879,404.00
			2. Mano de obra calificada	1	\$4,960,404	\$4,960,404	
			3. Transporte	1	\$2,550,000	\$2,550,000	
			9. Maquinaria y Equipo	1	\$ 3,849,000	\$3,849,000	
	Inversión	1.1.2 Realizar la implementación y	1. Mano de obra no calificada	12	\$2,260,000	\$27,120,000	

1.1. Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas		puesta en funcionamiento de equipos para la operación fotovoltaica	2. Mano de obra calificada	3	\$4,960,404	\$14,881,212		
			9. Maquinaria y Equipo	1	\$3,680,000	\$3,680,000		
			4. Materiales	120	\$1,722,590	\$206,710,800		
			3. Transporte	1	\$8,481,300	\$8,481,300		
	Operación	1.1.3 Instalar el sistema de medición y gestión de energía.		1. Mano de obra no calificada	6	\$2,260,000	\$13,560,000	\$ 59,804,408.00
				2. Mano de obra calificada	2	\$4,960,404	\$9,920,808	
				9. Maquinaria y Equipo	1	\$2,210,000	\$2,210,000	
				4. Materiales	5	\$5,974,590	\$29,872,950	
				3. Transporte	1	\$4,240,650	\$4,240,650	
	Operación	1.1.4 Construir las instalaciones internas		1. Mano de obra no calificada	5	\$2,260,000	\$11,300,000	\$ 33,755,904.00
				2. Mano de obra calificada	1	\$4,960,404	\$4,960,404	
				9. Maquinaria y Equipo	3	\$2,210,000	\$6,630,000	
				4. Materiales	1	\$7,745,000	\$7,745,000	
				3. Transporte	1	\$3,120,500	\$3,120,500	

	Inversión	1.1.5 Realizar capacitaciones a la comunidad	2. Mano de obra calificada	2	\$3,000,000	\$6,000,000	\$ 8,025,000.00
			3. Transporte	1	\$1,100,000	\$1,100,000	
			4. Materiales	1	\$925,000	\$925,000	
		Total=					\$ 378,338,028.00

5.5. Análisis de riesgos

Tabla 14. Análisis de riesgos

Nivel de Clasificación	Tipo de riesgo	Descripción del Riesgo	Probabilidad	Impacto	Efecto	Medias de mitigación
Propositivo	Administrativo	No financiación del proyecto por parte de las entidades correspondientes	Probable	Catastrófico	No ejecución del proyecto	*Formular adecuadamente el proyecto.
Actividad	Operacional	Mal uso de los sistemas solares por parte de los usuarios	Probable	Mayor	No continuidad del servicio de energía	*Sensibilización y capacitación para el buen uso del sistema solar *Visitas periódicas para validación del funcionamiento
		Poca disponibilidad de				*Realizar procesos de compra efectivos.

Producto	Operacional	insumos y equipos en el mercado local	Probable	Moderado	Retraso de cronograma	
Actividades	Operacional	Dificultad de acceso a la zona	Probable	Mayor	Retraso de cronograma	*Alquilar vehículos con capacidad de acceso a la zona
Producto	Asociados a fenómenos de origen natural	Deterioro de los paneles fotovoltaicos, por caída de árboles, tormentas eléctricas	Probable	Catastrófico	No continuidad del servicio de energía	*Realizar buena identificación del espacio de implementación. *Realizar compra de productos de buena calidad.
Actividades	Legal	Incumplimiento por parte de contratistas o proveedores para la ejecución del proyecto	Improbable	Mayor	*Retrasos injustificados *Obras inconclusas o con mal funcionamiento	*Seguimiento y control a los contratistas. *Establecimiento de pólizas de cumplimiento y calidad.

5.6. Ingresos y beneficios

Tipo: Beneficios

Descripción: Corresponde a la cantidad de kilovatios hora cubiertos por el sistema solar fotovoltaico.

Medido: a través de los kWh.

Bien producido: Energía eléctrica.

Razón precio cuenta: 0.79

Tabla 15. Potencia generada por el sistema fotovoltaico (kWh).

Período	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
2021	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2022	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2023	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2024	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2025	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2026	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2027	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2028	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2029	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2030	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2031	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2032	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2033	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2034	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2035	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2036	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2037	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2038	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2039	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
2040	23136	\$ 1,225.00	\$ 28,341,600
			\$ 566,832,000

Tipo: Beneficios

Descripción: Corresponde a la cantidad de toneladas de CO2 reducidas.

Medido: A través de toneladas

Bien producido: Bonos de carbono

Razón precio cuenta: 0.8

Tabla 16. Cantidad de toneladas de CO2 reducidas al año.

Período	Cantidad	Valor unitario	Déficit
2021	207.3	75408	\$ 15,632,970
2022	207.3	75408	\$ 15,632,970
2023	207.3	75408	\$ 15,632,970
2024	207.3	75408	\$ 15,632,970
2025	207.3	75408	\$ 15,632,970
2026	207.3	75408	\$ 15,632,970
2027	207.3	75408	\$ 15,632,970
2028	207.3	75408	\$ 15,632,970
2029	207.3	75408	\$ 15,632,970
2030	207.3	75408	\$ 15,632,970
2031	207.3	75408	\$ 15,632,970
2032	207.3	75408	\$ 15,632,970
2033	207.3	75408	\$ 15,632,970
2034	207.3	75408	\$ 15,632,970
2035	207.3	75408	\$ 15,632,970
2036	207.3	75408	\$ 15,632,970
2037	207.3	75408	\$ 15,632,970
2038	207.3	75408	\$ 15,632,970
2039	207.3	75408	\$ 15,632,970
2040	207.3	75408	\$ 15,632,970
			\$ 312,659,406

Tipo: Beneficios

Descripción: Corresponde al precio por pagar por cada planta eléctrica.

Medido: Número de plantas eléctricas

Bien producido: Fabricación de plantas eléctricas

Razón precio cuenta: 0.79

Tabla 17. Costos adicionales en compra de plantas eléctricas.

Periodo	Cantidad	Valor unitario	Valor total
2021	5	\$ 34.800.000.00	\$ 174.000.000.00
2022	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2023	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2024	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2025	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2026	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2027	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2028	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2029	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2030	5	\$ 34.800.000.00	\$ 174.000.000.00
2031	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2032	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2033	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2034	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2035	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2036	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2037	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2038	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2039	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
2040	5	\$ 2.000.000	\$ 10.000.000.00
Total			\$ 528.000.000.00

Tabla 18. Totales Ingresos – Beneficios

Periodo	Total ingresos	Total beneficios	Total general
2021		\$ 217.973.678,40	\$ 217.973.678,40
2022		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2023		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2024		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2025		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2026		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2027		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2028		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2029		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2030		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2031		\$ 217.973.678,40	\$ 217.973.678,40
2032		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2033		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2034		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2035		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2036		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2037		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2038		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2039		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
2040		\$ 53,973,678.40	\$ 53,973,678.40
Totales	\$ 0,00	\$ 1.407.473.568,00	\$ 1.407.473.568,00

5.7. Préstamos

No aplica para este proyecto.

5.8 Depreciación

Tabla 19. Valores de depreciación.

Activo	Razón Precio Cuenta (RPC)	Descripción	Vida útil (años)	Periodo adquisición	Valor del activo	Periodo final de la alternativa	Depreciación anual	Depreciación total	Valor de salvamento
Equipo y accesorios de generación, transmisión, distribución, producción, conducción, tratamiento, etc	0,79	Unidades de generación de energía eléctrica instaladas individualmente, mediante las cuales se realiza la transformación de energía solar. Compuesta por celdas fotovoltaicas regulador de cara, inversor, baterías (sistema de almacenamiento), accesorios de conexión, puesta a tierra, y la estructura de soporte que se compone de poste galvanizado, base y cimentación en concreto.	25	0	\$ 206.710.800,00	20	\$ 8.268.432,00	\$ 165.368.640,00	\$ 41.342.160,00

- Costos de inversión	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Costos de operación	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Amortización	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Intereses de los créditos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
+ Valor de salvamento								
Flujo neto de caja	\$42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$172.355.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72

	Periodo 16	Periodo 17	Periodo 18	Periodo 19	Periodo 20
+ Beneficios e ingresos	\$42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72
+ Créditos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Costos de preinversión	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Costos de inversión	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Costos de operación	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Amortización	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
- Intereses de los créditos	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
+ Valor de salvamento					\$ 41.342.160,00
Flujo neto de caja	\$42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 42.795.526,72	\$ 84.137.686,72

6.2 Indicadores de decisión (Evaluación económica)

Tabla 21. Indicadores de decisión.

Alternativas de solución	Indicadores de rentabilidad			Indicadores de costo-eficiencia	Indicadores de costo mínimo	
	Valor Presente Neto (VPN)	Tasa Interna de Retorno (TIR)	Relación Beneficio Costo (BC)	Costo por beneficiario	Valor presente de los costos	Costo Anual Equivalente (CAE)
Implementación de sistemas fotovoltaicos	\$ 178.945.005,26	23,78 %	1,60	\$ 506.672,71	\$ 297.923.552,41	\$ 23.663.703,87

7. Programación

7.1. Indicadores de producto

Objetivos

1. Incrementar los sistemas de provisión de energía en las instituciones educativas de la zona rural del municipio.

Producto: 1.1. Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas.

Indicador: 1.1.1. Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas.

Medido a través de: Número de unidades

Meta total: 5

Es acumulativo: No

Es principal: Si

Fuentes de verificación: Informe técnico.

Tabla 22. Indicadores de producto.

Período	Meta por Período
0	3
1	2
Total	5

7.2. Indicadores de gestión

Indicador por proyecto

Indicador: Informes de interventoría realizados

Medido a través de: Número de informes

Meta total: 5 informes.

Tipo de fuente: Documento oficial

Es principal: Si

Tabla 23. Indicadores de gestión.

Período	Meta por Período
0	3
1	2
Total	5

7.3 Fuentes de financiación

Tabla 24. Fuentes de financiación.

Etapa	Tipo de entidad	Nombre de entidad	Tipo de recurso
Inversión	Municipios	Concepción	Asignaciones directas
Periodo	Flujo de caja de la fuente de financiación		Costos incluidos en cadena de valor
Periodo 0	\$ 336.557.124,00		\$ 0
Periodo 1	\$ 41.780.904,00		\$ 0

7.4. Matriz resumen del proyecto

Tabla 25. Matriz resumen del trabajo.

Resumen narrativo	Descripción	Indicador			Fuente de verificación		Supuestos
		Nombre	Medido a través de	Meta	Tipo de fuente	Fuente	
Propósito (Objetivo General)	Aumentar el acceso al servicio de energía eléctrica de las instituciones educativas en la zona rural del Municipio de Concepción, Antioquia.	Cobertura del servicio de energía eléctrica en las instituciones educativas en la zona rural del municipio de Concepción, Antioquia.	Porcentaje	95,00	Documento oficial	Sistema único de verificación de servicios públicos	Contar con el apoyo técnico financiero de la entidad municipal para la financiación del proyecto.
Componentes (Productos)	1.1 Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas	Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas	Número de unidades	5	Informe	Informe técnico de las unidades de generación fotovoltaicas instaladas.	Se cuenta con un inventario amplio de los materiales e insumos para la realización del proyecto. Los cambios climáticos no causaran fuertes daños a los paneles fotovoltaicos.

Actividades del proyecto	1.1.1 1.1.1 Realizar el estudio de localización y replanteo de obra (estudio técnico).	Informes de interventoría revisados	Número de unidades	5	Informe	Informe técnico de las unidades de generación fotovoltaicas instaladas.	Se cuenta con vehículos apropiados para ingreso a la zona
	1.1.2 1.1.2 Realizar la implementación y puesta en funcionamiento de equipos para la operación fotovoltaica	Informes de	Número de unidades	5	Informe	Informe técnico de las unidades de generación fotovoltaicas instaladas.	Se cuenta con pólizas de cumplimiento y calidad.
	1.1.3 1.1.3 Instalar el sistema de medición y gestión de energía.	interventoría revisados	Número de unidades	5	Informe	Informe técnico de las unidades de generación fotovoltaicas instaladas.	Se cuenta con pólizas de cumplimiento y calidad.
	1.1.4 1.1.4 Construir las instalaciones internas	Informes de	Número de unidades	5	Informe	Informe técnico de las unidades de generación fotovoltaicas instaladas.	Se cuenta con pólizas de cumplimiento y calidad.
	1.1.5 1.1.5 Realizar capacitaciones a la comunidad	interventoría revisados	Número de unidades	5	Informe	Informe técnico de las unidades de generación	Adecuado uso de los usuarios con los sistemas fotovoltaicos.

						fotovoltaicas instaladas.	
--	--	--	--	--	--	------------------------------	--

8. Referencias

Dogan, E., & Seker, F. (2016). The influence of real output, renewable and non-renewable energy, trade and financial development on carbon emissions in the top renewable energy countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1074-1085.

Herrero, M. S., & Herrera, F. (2018). ODS en Colombia: Los retos para 2030. Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, 1-74.

Murcia, R. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. #28 *revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. rev.ing. ISSN. 0121-4993. Noviembre de 2008*, 84-89.

Alcaldía de Concepción (2016). Plan de desarrollo “Juntos seguimos avanzando” 2016 - 2019. Recuperado de: https://concepcionantioquia.micolombiadigital.gov.co/sites/concepcionantioquia/content/files/000023/1114_plan-de-desarrollo-20162019-juntos-seguim

Badii, M.H., A.Guillen & J.L. Abreu. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía. Universidad Autónoma de Nuevo León. (2016). Energías Renovables y Conservación de Energía. Recuperado de: [http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11\(1\)141-155.pdf](http://www.spentamexico.org/v11-n1/A12.11(1)141-155.pdf)

Birol, F. (23 de marzo de 2020). Efecto colateral del coronavirus: la caída de la demanda de electricidad hace avanzar la generación con renovables. *Energías renovables*. Recuperado de: <https://www.energias-renovables.com/panorama/20200323>

Calendario escolar 2020 en Colombia: clases virtuales y otras medidas de retorno planteadas. (Abril, 2020). *La Revista*, Volumen. Recuperado de: <https://larepublica.pe/mundo/2020/04/19/cuando-se-regresa-a-clases-2020-en-colombia-clases-virtuales-y-otras-medidas-retorno-de-estudiantes-calendario-jornada-escolar-atmp/>

Collado, E. (2009). Energía solar fotovoltaica, competitividad y evaluación económica, comparativa y modelos (Tesis doctoral, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, España). Recuperado de: <http://www.ieec.uned.es/PersonalDIEEC/archivos/tesis-doctoral-eduardo-collado.pdf>

Convenio Cornare - Gobernación de Antioquia N° 2011-CF-12-0051 y 217 -2011 & Municipio de Concepción (2012). Evaluación y zonificación de riesgos y dimensionamiento de procesos erosivos en los 26 municipios de la jurisdicción de cornare. Recuperado de: https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/CONCEPCION/Documento_Concepcion.pdf

Departamento Nacional de Planeación. (2016). Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas. Recuperado de: <https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/Celdas/DocumentoMetodologicoPTIPOCELDASSOLARES.pdf>

García, M. (2019). Inversores inteligentes en sistemas de energía solar fotovoltaica. Revista de divulgación científica, volumen (238). Recuperado de: <http://www.uaslp.mx/Comunicacion-Social/Documents/Divulgacion/Revista/Dieciseis/universitarios%20potosinos%20238.pdf#page=26>

Gobernación de Antioquia (2020). Plan de desarrollo “Unidos por la vida” 2020-2023. Recuperado de: https://plandesarrollo.antioquia.gov.co/archivo/PlanDesarrolloUNIDOS_VF-comprimido-min.pdf

Glynn, H & Heink, G. (1999). Perturbaciones ambientales de origen humano. En Kenneth, F & Hutchinson, T. (Eds.), Ingeniería Ambiental (800). Estado de México: Editorial Pearson Educación. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=ToQmAKnPPzIC&pg=PA139&dq=calentamiento+global&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiPga2p8f_oAhXLneAKHdGND2UQ6AEILzAB#v=onepage&q=calentamiento%20global&f=false

Ladino, R. (2011). La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. (Maestría en desarrollo rural, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia). Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Labandeira, X., Linares, P., & Würzburg, K. (2012). Energías renovables y cambio climático. Cuadernos económicos de ICE, 83, 37-60.

Ministerio de Cultura. (2006). Población Campesina y Cultura. Recuperado de: <https://www.mincultura.gov.co/prensa/noticias/Documents/Poblaciones/POBLACI%C3%93N%20CAMPESINA%20Y%20CULTURA.pdf>

Molina, M. (2017). El cambio climático. Ciudad de México: Editorial Fondo de cultura económica. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=YF8yDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=usos+de+la+energia+solar+en+la+vida+cotidiana&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiXgqOn-f_oAhXMmeAKHfQEDzEQ6AEIaDAI#v=snippet&q=calentamiento&f=false

Pilco, D & Jaramillo, Jorge. (2008). Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos. Universidad Técnica Particular de Loja. (2008). Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos. Recuperado de: <https://www.utpl.edu.ec/jorgeluisjaramillo/wp-content/uploads/2010/06/renlux-paneles-fv.pdf>

Poveda, M. (2007). Eficiencia Energética: Recurso no aprovechado. Poveda, M. (2007). Documento propuesta para avanzar de las palabras a la acción. Olade, pag.3. Recuperado de <http://www.olade.org/sites/default/files/portal-ee/EFICIENCIA%20ENERG%C3%89TICA%20RECURSO%20NO%20APROVECHADO-Agosto-2007.pdf>

Ramos, M. (Septiembre, 2016). Investigación y desarrollo de las energías renovables en Sonora y Baja California. Revista de Investigación y Desarrollo, Volumen (2). Recuperado de: http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Investigacion_y_Desarrollo/vol2num5/Revista_de_Investigaci%C3%B3n_y_Desarrollo_V2_N5.pdf

Redacción, (2018). 134 escuelas y centro comunales en Antioquia tendrán paneles solares.(Enero, 2018). El Mundo. Recuperado de: <https://www.elmundo.com/noticia/134-escuelas-y-centros-comunales-en-Antioquia-tendran-paneles-solares/365826>

Redondo, N. (16 de abril de 2020). Efectos del coronavirus en el sector energético. Ambientum. Recuperado de: <https://www.ambientum.com/ambientum/energia/efectos-del-coronavirus-en-el-sector-energetico.asp>

Restrepo, V. (17 de marzo de 2020). Así quedaron los calendarios escolares para colegios de Antioquia. El Colombiano. Recuperado de: <https://www.elcolombiano.com/antioquia/calendarios-escolares-de-2020-para-colegios-publicos-de-antioquia-tras-coronavirus-AG12639801>

Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. World Watch. Recuperado de <http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/511.pdf>

Velasco, J. (2009). Energías Renovables. Barcelona, España: Editorial Reverté. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=bl6L8E_9t1kC&printsec=frontcover&dq=la+energ%C3%ACa+renovable&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiolems6v_oAhVpdt8KHb3vAWIQ6AEIJzAA#v=onepage&q=la%20energ%C3%ACa%20renovable&f=false

Mheducation. (15 de 6 de 2006). El sistema Eléctrico. En mheducation, El sistema Electrico (págs. 1-30). España. Obtenido de www.mheducation.es: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844814807X.pdf>

Informe Municipal Oriente Antioqueño. (2017). *Concepción*. Recuperado de: https://inversion.ccoa.org.co/EMBALSES_CONCEPCION.pdf.

Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Sistema de Estadísticas Territoriales*. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/index-app.html#/perfiles/05206>

Esteve, N. (2011). *Energización de las zonas no interconectadas a partir de las energías renovables solar y eólica* (Maestría en gestión ambiental, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia). Recuperada de: <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis121.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). *Energía solar para el desarrollo rural*. Recuperado de: <http://www.fao.org/Noticias/2000/001003-s.htm>

Empresa Distribuidora Del Pacífico S.A.-E.S.P.(2017). *Spo Dg-015-2018 Interventoría Para El Contrato De Obra De Sistemas Solares Fotovoltaicos Individuales Para La Vereda Candelilla De La Mar En El Municipio De Tumaco, Departamento De Nariño*. Recuperado de: <https://dispac.com.co/implementacion-de-soluciones-fotovoltaicas-tumaco-narino/>

Atersa Grupo Elector. (2011) Revista energías renovables, p 40. Recuperado de <https://www.energias-renovables.com/ficheroenergias/productos/pdf/ConPago/Revista571.pdf>

Acciona Business As Unusual (S.f) Recuperado de: https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?gclid=Cj0KCQiArj9BRCAARIsANB_4AC3u0z9TqQpfK8Jd5NMIri5VeukOs5fENtVHy6dextXIDLi5bYRFIaAibVEALw_wcB.
<http://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/13-10-4-cobertura-de-energia-en-los-municipios-de-antioquia-ano-2016>

Elaboró	Dubal Papamija
Fecha de elaboración	20 de agosto de 2020
Ajustó	Jhobana Herrera Díaz
Fecha de ajuste	28 de agosto de 2020
Revisó	Irma Lucía Franco
Versión	01-2020