

Estudio de factibilidad para la Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba.

Helmer Fabian Vitola Herrera

Asesor:

Vanessa Paola Pertuz Peralta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería

Maestría en Gerencia de Proyectos

2022

Dedicatoria

El presente trabajo lo quiero dedicar a todas esas personas que a lo largo de todos estos años han creído en mí y me han ayudado a mejorar cada día más.

Quiero dedicar este trabajo a mis dos hijas, Sara Valentina Vitola Rojas y Nikolle Michelle Vitola Aguirre, quienes son las que me impulsan cada día a luchar por superarme, aprovechando mis capacidades al máximo.

Agradecimientos

Primeramente, quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de llegar a este punto de mi desarrollo profesional, luego agradecer a mi padres y familia en general por su apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida, quiero agradecer a mi esposa por su incansable apoyo en todo este proceso.

A mi directora del trabajo de Grado, Dra. Vanessa Paola Pertuz Peralta quién con sus conocimientos, experiencia, paciencia, responsabilidad y disponibilidad me guio en todo el proceso de desarrollo, correcciones, perfeccionamiento y finalización del presente Proyecto Aplicado.

Resumen

La demanda de energía en Colombia y en el mundo va en aumento, ya se proyecta un gran crecimiento en la población, la industria y aéreas agropecuarias requiriendo consumo de energía, lo que genera problemáticas económicas, y socio-ambientales. Como posibles alternativas para satisfacer esta demanda y reducir los problemas que genera la “generación eléctrica” actual es la “energía solar fotovoltaica”, ya que Colombia dispone de niveles óptimos de potencial de “radiación solar” en toda la extensión territorial, aprovechando esta fuente energética con diferentes tecnologías.

El objetivo de este trabajo es: Determinar la factibilidad de la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba”, lo cual se enmarcará en requerimientos del “Ley 2056 de 2020, el Decreto 1821 de 2021” y el documento de “Orientaciones Transitorias expedido por el Departamento Nacional de Planeación – DNP”.

La presente propuesta “se desarrolla utilizando los lineamientos de la metodología general ajustada (MGA) y estándares establecidos para la Gestión de proyectos” (DNP, 2015).

Igualmente, el proyecto se enmarca en la línea de investigación de profundización del “Programa de la UNAD de Proyecto de Desarrollo Social”. La metodología a utilizar se basará en la aplicación de un análisis DOFA y la aplicación del Método PHVA.

Palabras clave: Desarrollo Rural, Viabilidad, VPN, Estudio de viabilidad, Energía Solar, Proyecto.

Abstract

The demand for energy in Colombia and in the world is increasing, a great growth is already projected in the population, industry and agricultural areas requiring energy consumption, which generates economic and socio-environmental problems. As possible alternatives to satisfy this demand and reduce the problems generated by the current "electricity generation" is "photovoltaic solar energy", since Colombia has optimal levels of "solar radiation" potential throughout the territory, taking advantage of this energy source. with different technologies. The objective of this work is: To determine the feasibility of the construction of photovoltaic solar energy systems in the rural area of San José de Uré, Córdoba", which will be framed in the requirements of "Law 2056 of 2020, Decree 1821 of 2021" and the document "Transitional Guidelines issued by the National Planning Department – DNP".

This proposal "is developed using the guidelines of the adjusted general methodology (MGA) and standards established for project management" (DNP, 2015). Similarly, the project is part of the deepening research line of the "UNAD Program of Social Development Project". The methodology to be used will be based on the application of a DOFA analysis and the application of the PHVA Method.

Keywords: Rural Development, Feasibility, NPV, Feasibility Study, Solar Energy, Project.

Tabla de Contenido

Introducción	11
Descripción del problema	15
Pregunta de Investigación.....	18
Objetivos.....	19
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Justificación	20
Marco de referencia	22
Antecedentes	22
Investigación sobre la energía solar como revolucionaria oportunidad en Colombia	23
Marco conceptual.....	30
<i>Metodología General Ajustada</i>	30
<i>Desarrollo Rural</i>	30
<i>Análisis de interesados</i>	30
<i>Proyecto</i>	31
<i>Estudio de Factibilidad</i>	31
<i>Viabilidad</i>	31
<i>VPN</i>	32
Marco Contextual.....	33
<i>Perspectivas y Proyecciones en Colombia</i>	33
El desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Córdoba y San José de Uré.	37
Marco Teórico.....	42

1. <i>Sistemas de energía solar fotovoltaica.</i>	42
2. <i>Metodología General Ajustada (MGA)</i>	56
3. <i>Estudios de factibilidad (y conceptos relacionados)</i>	56
4. Evaluación financiera.....	61
Marco Legal	62
Diseño metodológico	64
Fuentes de Información.....	64
<i>Fuentes primarias.</i>	64
<i>Fuentes secundarias.</i>	64
Tipo de Investigación.....	65
Población y muestra.....	66
Metodología del Proyecto Aplicado	66
Metodología General Ajustada	66
Resultados del proyecto.	73
Fase 1.1. Identificación.....	73
Definiendo la articulación del proyecto con la política pública.	73
Población objetivo.	74
Identificación de alternativas de solución.....	75
Fase 1.2. preparación del proyecto	75
Descripción de la Alternativa seleccionada	76
Localización de la Alternativa	78
Definición de la cadena de valor del proyecto.....	78
Costeo de las alternativas seleccionada (Presupuesto).	79

Proceso constructivo para instalación sistema fotovoltaicos proyecto	80
Obras Preliminares	¡Error! Marcador no definido.
Obras Exteriores:	¡Error! Marcador no definido.
Obras Interiores (Salidas Eléctricas).....	¡Error! Marcador no definido.
Instalación de Sistema Solar Fotovoltaico	¡Error! Marcador no definido.
Cuantificación y valoración de ingresos y beneficios.....	84
FASE 1.3. Evaluación del proyecto.....	85
Módulo de Identificación	90
Módulo de Preparación	90
Módulo de Evaluación	91
Evaluación Financiera.....	91
Evaluación social	91
Módulo de Programación.....	92
Indicadores de producto.....	92
Indicadores de gestión.....	92
Programa presupuestal	92
Fuente de Financiación	93
Conclusiones.....	115
Evaluación Financiera.....	116
Evaluación social	116
Recomendaciones.	117
Bibliografía	120

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Índice de radiación informe anterior</i>	24
Tabla 2 <i>Principales empresas importadas de células fotovoltaicas (cifras de 2005)</i>	25
Tabla 3 <i>Registro de Interesados</i>	39
Tabla 4 <i>Lista de Expertos</i>	41
Tabla 5 <i>Capitulo MGA</i>	68
Tabla 6 <i>Población 2021 basado en proyecciones DANE 2018</i>	74
Tabla 7 <i>Hogares 2021 basado en proyecciones DANE 2018</i>	74
<i>Tabla 8 Estudio de Necesidades</i>	76
<i>Tabla 9 Cadena de Valor del Proyecto</i>	78
Tabla 10 <i>Costeo de la Alternativa del Proyecto</i>	79
Tabla 11 <i>Valoración de los impactos ambientales del proyecto</i>	87
<i>Tabla 12 Matriz de evaluación de impactos ambientales y sociales del proyecto</i>	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 12 <i>Fuentes de Financiación</i>	93
Tabla 13 <i>Resultados CBR</i>	96
Tabla 14 <i>Costeo de la Alternativa del Proyecto</i>	99
Tabla 15 <i>Propiedades mecánicas del acero estructural</i>	101
Tabla 16 <i>Cargas usadas para el diseño estructural</i>	102
Tabla 17 <i>Cargas tipo</i>	107
Tabla 18 <i>Flujo Económico</i>	112

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Mapa de irradiación de Colombia 2018</i>	48
Figura 2 <i>Generador solar o generador fotovoltaico</i>	51
Figura 3 <i>Potencial de eficiencia de algunos materiales semiconductores</i>	53
Figura 4 <i>Matriz de evaluación de impactos ambientales y sociales del proyecto</i>	91
Figura 5 <i>Mapa Geológico de San José de Uré, Córdoba</i>	94
Figura 6 <i>Vista en Corte</i>	97
Figura 7 <i>Detalle sección transversal</i>	97
Figura 8 <i>Cimentación de la estructura de soporte del panel solar</i>	103
Figura 9 <i>Radiación solar en san José de ure</i>	104
Figura 10 <i>Valores de potencial fotovoltaico mensual para tres tipos de paneles solares</i>	105
Figura 11 <i>Plano del Circuito</i>	108
Figura 12 <i>Plano de conexión de componentes</i>	109
Figura 13 <i>Plano de ubicación de gabinetes y baterías</i>	109
Figura 14 <i>Panel de Estructura de Paneles</i>	110
Figura 15 <i>Plano del Gabinete</i>	110

Introducción

La transformación de energía en varias naciones presenta ya direcciones que van desde las energías de combustibles fósiles a las “energías limpias”, esto a causa de la crisis de energía y la problemática medio ambiental. Estas transiciones han llevado a estos países a experimentar y estudiar fuentes de energía no convencionales. Por ello, en los últimos 40 años se han realizado numerosos proyectos y estudios sobre el uso de fuentes renovables para mitigar problemas como las emisiones de “gases de efecto invernadero, la contaminación con residuos tóxicos y el calentamiento global acelerado” (Edenhofer, Sokona, & Pichs-Madruga, 2011). Las fuentes de energía renovables no convencionales (FNCER) son aquellos recursos energéticos disponibles en todo el mundo como la “biomasa, geotérmica, hidroeléctrica, eólica, solar y energía del mar” (Top Cable Colombia, 2019).

En la actualidad, los proyectos de inversión requieren una base que los justifiquen. Dicha base es precisamente un proyecto bien estructurado y evaluado que indique la pauta que debe seguirse. Para tomar una decisión sobre un proyecto es necesario que éste sea sometido al análisis multidisciplinario de diferentes especialistas. Una decisión de este tipo no puede ser tomada por una sola persona con un enfoque limitado, o ser analizada sólo desde un punto de vista. Aunque no se puede hablar de una metodología rígida que guíe la toma de decisiones sobre un proyecto, fundamentalmente debido a la gran diversidad de proyectos y sus diferentes aplicaciones, si es posible afirmar que una decisión siempre debe estar basada en el análisis de un sin número de antecedentes.

Desde hace ya muchos años la evaluación económica financiera se ha convertido en un análisis fundamental a la hora de evaluar la conveniencia o no de ejecutar cualquier proyecto de una entidad.

El presente proyecto aplicado tiene como objetivo determinar la factibilidad para la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de “San José de Uré”, Córdoba, así como proponer cómo llevar a cabo la formulación y estructuración del proyecto de inversión, el cual se denominada “Factibilidad de la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba” con el propósito de entregar al municipio unos insumos de calidad, consistencia técnica y metodológica que le permita a la misma determinar la factibilidad de la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural del municipio. Una vez definida la factibilidad, es decir, si es proyecto es viable para que le sean asignados recursos, se procederá con la fase de revisión, priorización y aprobación por parte del OCAD de Paz.

Es también una forma de poder mejorar la cobertura de los servicios de energía eléctrica en el área rural dispersa de “San José de Uré”, toda vez que dicha cobertura es del 67,23% para un total 919 viviendas, según (UPME, 2019) . Lo que nos lleva a deducir que actualmente en la zona rural del municipio no cuentan con servicio de energía eléctrica y requieren soluciones aisladas por estar en “Zonas No Interconectadas - ZNI” el 32,77%.

El desarrollo del contenido del presente documento está construido en diferentes secciones, la primera contiene todo planteamiento técnico del problema, justificación, los objetivos, el marco referencial y la metodología que se va a utilizar.

En la segunda sección se hace todo el desarrollo del trabajo basado en los objetivos propuestos en la sección primera en este se hace una mayor precisión sobre los elementos problemáticos identificados en el capítulo primero y como se fundamenta la intervención para dar una solución eficaz a la misma.

En el tercer capítulo se aborda todo el desarrollo metodológico, técnico y estructurado del proyecto, basados en cuatro puntos clave como son: la identificación, la preparación, la evaluación y la programación; todo esto tomando como base la teoría de marco lógico y de árbol de problemas, en concordancia con la Metodología General Ajustada. Tal como se describe a continuación:

Módulo de Identificación

Como su nombre lo indica se identifican aspectos importantes como la articulación con la política pública, el problema, sus causas y sus efectos, la población que está afectada y objetivo de intervención, los participantes que harán parte importante en el desarrollo del proyecto, el objetivo general y los objetivos específicos que darán solución al problema y las causas y por ultimo las alternativas más adecuadas para la solución del problema.

Módulo de Preparación

Se analiza la necesidad que se aborda con el proyecto, se describen las alternativas identificadas en la fase I, se localiza en un espacio y lugar dichas alternativas con respecto a la población a beneficiar, se establece la cadena de valor, se cuantifican las actividades de acuerdo con lo que se tiene en el presupuesto del proyecto, se analizan los riesgos asociados al objetivo general, los productos y las actividades y por último se valoran y se cuantifican los ingresos o beneficios del proyecto.

Módulo de Evaluación

En este módulo se realiza una evaluación ex ante del proyecto, tomando como base a los valores obtenidos en la cadena de valor y el costo de las actividades a través de los insumos (Mano de obra calificada, no calificada, materiales, transporte, maquinaria y equipos), así como los resultados obtenidos en la valoración y cuantificación de los ingresos o beneficios del

proyecto. Es así como con estos dos insumos (costos y los ingresos o beneficios) obtenidos en la fase de preparación se elabora en flujo de fondos y se obtienen los indicadores de evaluación económica como son: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación costo beneficios y costo por beneficiario.

Módulo de Programación:

Esta fase se compone principalmente de los indicadores de producto los cuales miden el cumplimiento de los objetivos, los indicadores de gestión que miden el cumplimiento de las actividades, las fuentes de financiación del proyecto y por último la matriz de marco lógico.

Descripción del Problema

Actualmente, “hay alrededor de “1.500” millones de personas en el mundo habitan sin acceso a la electricidad y, lo que significa que, sin un esfuerzo articulado, es poco probable que este número se reduzca”. (Energreencol, s, f). Por otro lado, la falta de energía en las zonas rurales afecta negativamente la forma en que viven, la calidad de su productividad en las labores diarias y todo un sin números de afectaciones para sus habitantes.

Por esto, la novedad de los “sistemas solares fotovoltaicos” son energías renovables que simbolizan las tecnologías más “adaptables, flexibles y fáciles” de usar en zonas rurales aisladas. “Estos tipos de sistemas pueden suministrar suficiente electricidad de forma sostenible, fiable y limpia para apoyar la creación de empresas locales en grandes zonas pobladas, pero también para llegar a las comunidades rurales más dispersas” (Energreencol, s, f).

Históricamente, las localidades rurales de Colombia rural han tenido un escaso suministro de energía convencional. (Franco, Dyner, & Hoyos, 2008) subrayan que “El 4% de la población colombiana no se encuentra conectada al anillo eléctrico nacional. Al presente, la mayoría de las zonas rurales no disponen de un sistema de energía fotovoltaica” (pág. 206).

Por otro lado, lo (Franco, Dyner, & Hoyos, 2008) manifiestan “como insuficiente apoyo de políticas públicas para el desarrollar la sostenibilidad energética en las regiones rurales, lo que ha generado condiciones desiguales frente a las ciudades, baja competitividad en el desarrollo agropecuario, tecnológico, económico y social” (pág. 206).

Por lo tanto, es necesario desarrollar proyecciones que incluyan a la “implementación de sistemas de energía fotovoltaica” que promuevan el desarrollo sustentable, ofreciendo mejoras en la “calidad de vida” de las personas que habitan la zona rural.

De acuerdo a las experiencias que refieren la “implementación de sistemas fotovoltaicos” en la ruralidad aislada de Colombia, “se puede observar que en el proyecto presentando a la comunidad de Palmeras en la Amazonia se presentan una series de conclusiones que contribuyen y aportan de manera significativa” a este de acuerdo a los expuesto por (Vela Ruiz, 2015), “la comunidad podría adecuarse con un servicio eléctrico autosustentable contando con un suministro solar de gran magnitud durante la mayor parte del año, lo cual va a permitir el incremento/horas/suministro de electricidad, lo cual va a generar mejoras en las condiciones de vida y en el progreso del desarrollo tecno-social”.

Existen experiencias documentadas en cuanto a la implementación de “sistemas fotovoltaicos” en zonas no interconectadas del país, se puede mencionar que en el proyecto que presenta la comunidad de “Palmeras en la Amazonía”, se relatan varias conclusiones que contribuyen significativamente al desarrollo local, de acuerdo a lo expuesto por (Vela Ruiz, 2015), “se puede disponer con un servicio eléctrico autosostenible, por la disponibilidad de la radiación solar durante la mayor parte del año, aumentando las horas de suministro eléctrico, mejorando las condiciones de vida por el desarrollo tecnológico y social” (p.56).

En el departamento de “La Guajira” igualmente se encuentran identificadas las ventajas de la utilidad y beneficio de “sistemas fotovoltaicos” y su valioso aporte a la solución del problema que aflige a la población de “Nazaret – Uribí”, como es la falta de un sistema energético y un constante fluido eléctrico, situación que se comparte por muchos municipios de “La Guajira”. Los beneficios que se identifican son el suministro de energía constante como lo presenta Galvis y Gutiérrez. (2013) a través de “sistemas fotovoltaicos” se mejoran “la reactivación de la planta desalinizadora, lo que permitirá un suministro constante de agua potable

a sus habitantes; así como bombas de extracción de agua de pozo que permitirán fuentes de agua para riego (agricultura) y ganadería”. (p.51).

Como otro ejemplo de la utilización e impactos de la tecnologías de “paneles solares fotovoltaicos” en las zonas rurales de Colombia resulta del análisis y planteamiento del proyecto “Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica con Capacidad para 3 Kilovatios” presentado por Acevedo (2016) en el cual son analizados los impactos positivos en la comuna del municipio de “Tauramena Vereda – Curupana”, en la que se encuentran los planes de la “Unidad de Planeación Minero Energética” (UPME) y del “Instituto de Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas” (IPSE), departamentales o regionales energización rural sostenible para dar solución a las necesidades de energía eléctrica de 432.000 viviendas apartadas de zonas no interconectadas, incluyendo generación “fotovoltaica”.

Diversas zonas rurales de “San José de Uré”, por su distancia y difícil penetración, no cuentan con redes eléctricas y por ende sus habitantes no cuentan con este servicio y no tienen acceso al uso aparatos eléctricos de uso doméstico, uso de medios extractivos para obtener agua potabilizada, alternativas en el procesamiento de alimentos sin leña, la interconexión de información y comunicación, el uso de iluminación eléctrica, el uso de refrigeración de alimentos, equipo de lavandería, la capacidad de usar y aplicar pequeñas herramientas eléctricas, el uso de las ”Tecnologías de información y comunicación”. Ante las necesidades, de la comunidad, la investigación realizada en “Diseño de una Instalación Solar Fotovoltaica” proporciona datos de importancia y de gran relevancia, concluyendo que la inversión en San José de Uré, se podrá recuperar en un periodo determinado, justificación que esta mediada por los beneficios que se generan en la “calidad de vida” de sus habitantes que todavía cocinan con leña.

San José de Uré es un municipio colombiano ubicado en el departamento de Córdoba, en la subregión del San Jorge, el 62,06% de la población se concentra en zonas rurales donde se registran altos índices de necesidades (Consejo Municipal San José de Uré, 2020). Es importante precisar que según comenta Custodio Acosta – Alcalde de ese municipio: esto se presenta pese a muchos esfuerzos realizados por la entidad; en particular en su administración no ha sido posible cerrar dichas brechas de desigualdad, como ejemplo se citan limitaciones en acceso al servicio de energía eléctrica, toda vez que existen deficientes sistemas de provisión en las viviendas de la zona rural.

De acuerdo con las cifras de cobertura de servicio de energía, en el área rural, es del 66,98% para un total de 919 viviendas (UPME, 2019). Adicionalmente, este organismo adscrito al Ministerio de Minas y Energía, en el mismo informe señala que el total de viviendas de la zona rural es de 1.372. Esto permite inferir que en el Municipio de San José de Uré existe un total de 453 viviendas ubicadas en la zona rural que no cuentan con servicio de energía eléctrica y requieren soluciones aisladas por estar en Zonas No Interconectadas (ZNI), lo cual corresponde al 33,02%.

Todo lo anterior genera una transformación y daño ambiental, baja productividad en sus tareas, limitación en las horas de estudio y trabajo en el hogar, entre otras afectaciones de tipo social. Lo que afecta notablemente la calidad de vida de la población rural.

Pregunta de Investigación

¿Cuál es la factibilidad de la Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba?

Objetivos

Objetivo General

“Determinar la factibilidad de la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba”

Objetivos Específicos

“Evaluar las alternativas para la construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Ure, Córdoba de acuerdo con la metodología general ajustada – MGA”.

“Elaborar los estudios técnicos y de factibilidad para la Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba”.

“Realizar la evaluación financiera del proyecto de construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba”.

Justificación

La población rural ubicada San José de Uré - Córdoba; se ha visto afectada por la deficiencia en el servicio de energía eléctrica, lo cual ha generado un retroceso en el desarrollo de dichas comunidades, ya que de ella depende la mayoría de los procesos con los que se fabrican y elaboran bienes y servicios para satisfacer muchas de sus necesidades. Para aminorar esta problemática se han desarrollado alternativas técnicas que ayudarán a minimizar la problemática que hasta hoy aqueja a los habitantes de estas comunidades de la zona rural del Municipio, las que aminorarán el proceso detectado haciendo posible la automatización de la producción que aumenta la productividad y mejora las condiciones y calidad de vida de sus habitantes.

Teniendo en cuenta que una de las metas del Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Uré más Incluyente, más solidario" aprobado mediante el Acuerdo Municipal Nro. 06 del 05 de Junio de 2020 es la de incrementar la cobertura de energía en zona rural mediante las "Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas", se realizan las gestiones respectivas por parte del municipio y otras entidades aliadas para asegurar que se preste de manera eficiente a sus habitantes el servicio domiciliario de energía eléctrica en la zona rural, realizando la contribución financiera, técnica y administrativa durante la implementación y ejecución de la electrificación con sistemas fotovoltaicos, para que la comunidad rural pueda contar con el servicio de energía eléctrica. Las cuales se comprometen a realizar veedurías ciudadanas durante la ejecución del proyecto, así como a hacer uso adecuado de los elementos que se entreguen con el proyecto.

El proyecto aplicado se enfoca en entregar avances sobre los estudios, diseños, memorias y documentos necesarios para que sea viabilizado por el DNP, MinMinas y Energía. Estos son los Estudio de Suelos, Presupuesto y Análisis de precios unitarios, Memorias de Cálculo y

Diseño Estructural, Memorias de Calculo y Diseño Eléctrico y diferentes planos de detalle del proyecto.

Todas las aplicaciones se realizarán a través de “sistemas fotovoltaicos”, el desarrollo de este tipo de avance tecnológico en el país y los lineamientos que deben considerarse al invertir en esta fuente de energética con el fin de mejorar la “eficiencia energética”, ofrecer conocimiento y motivar a los ciudadanos de la zona rural de San José de Uré, Córdoba para emigrar a esta fuente de generación renovable.

Marco de referencia

Antecedentes

“Estudios e investigaciones sobre gestión de energía mediante el uso de energía solar en sistemas Foto Voltaico” “La utilización y comercialización de electricidad de fuentes solares mediante el uso de sistemas fotovoltaicos” presenta una rapidez más acentuada de lo que parece. En los últimos 20 años, La utilización energética solar en vatios se ha multiplicado por 7, mejorando notablemente la tecnología. Esta mejora ha provocado una caída importante en algunas herramientas tecnológicas utilizadas en este sector, por ejemplo, ha disminuido el coste de los paneles solares. De manera exponencial, es decir, el costo por watt de silicio fotovoltaico cayó de “\$76 dólares en 1977 a \$0,36 dólares en 2014” (Diamandis, 2014).

La “Agencia Internacional de Energía” informa que para 2035 se producirán “662 GW” de energía solar, el cual se valora en “1,3 billones de dólares”, incluida la investigación en el área. Otra situación que requiere inversión e investigación en el aprovechamiento de la energía solar es la operación de satélites espaciales. De lo contrario, las baterías de almacenamiento de energía están mejorando constantemente. Además, estas baterías se fabrican en mayor cantidad a medida que pasa el tiempo, por lo que el precio baja considerablemente.

En términos productivos, “Tesla producirá” 35 GW en baterías para 2020 (Diamandis, 2014). En 2014, se estableció el “Paradigma de las 6 D” sobre la energía solar fotovoltaica. Con estas seis características (Diamandis, 2014):

“Digitalizado, el control de la electricidad solar se ha digitalizado”

“Engañoso, debido al crecimiento de la energía solar fotovoltaica”

“El suministro disruptivo de energía solar puede ser continuo”

“Desmaterializada, la energía solar es una industria grande e ilimitada”

“Desmonetizado, la energía del sol es gratis”

“Democratizada, la energía solar está disponible para todos”.

Investigación sobre la energía solar como revolucionaria oportunidad en Colombia

Para el año 2008 se realizaron investigaciones sobre la situación energética solar en ese momento, el cual reportó que los “sistemas solares fotovoltaicos” empezaron a ser utilizados en la década de los 80. En esta década se lograron instalar 2.950 sistemas utilizando pequeños “generadores fotovoltaicos de 60 Wp”. (vatios pico), y luego estos sistemas se escalaron a 4 “kWp” en 1983. Posteriormente se utilizaron 20.289 módulos con “2,05 MWp de potencia”. Para este momento, se implementaron paneles solares de “50-70 Wp” de capacidad y baterías de “120 Ah a un costo de US\$ 1.500”. Esta investigación llegó a elementos concluyentes que el “FNCER” debe utilizar para lograr mejoras en el uso racional de la energía.

Además, sería una solución a la crisis energética del país. Además, este informe recogió los datos sobre el índice de radiación mostrado en la Ilustración 1 (Rodríguez, 2008) Nueve años después, se habían realizado varios estudios sobre el uso de los sistemas solares fotovoltaicos debido al aumento de la demanda de energía. En 2017, El 32% del país no estaba incluido en el Sistema Interconectado Nacional (SIN en español). Sin embargo, Colombia aumentó su generación eléctrica fotovoltaica de 208,06 kW en 2005 a 12 GW en 2015, muy baja producción por alto índice de radiación territorial.

Tabla 1*Índice de radiación informe anterior*

Departamento o Región	Índice Medio de Radiación
Guajira	2000-2100
Costa Atlántica	1730-2000
Orinoquia - Amazonas	1550-1900
Región Andina	1550-1750
Costa del Pacifico	1450-1550

Fuente. Datos tomados de Rodríguez, (2008)

Las ventajas y desventajas de la tecnología solar dependen sobre el material de fabricación de los paneles. Estos materiales son (Gómez et al., 2017):

Silicio Amorfo, que presenta una baja eficiencia de hasta 11%, este material se degrada rápidamente, pero es barato

Silicio Monocristalino, este material presenta un alto eficiencia de hasta un 21%. Sin embargo, tiene un alto costo y es complejo de fabricar

Silicio policristalino, que tiene una eficiencia media de hasta 16%, es fácil de fabricar, pero es sensible a las impurezas, y es caro

Arseniuro de galio. Tiene una alta eficiencia, que puede superar el 25%. Sin embargo, es caro y tóxico, por lo que es difícil de encontrar.

Generalmente, en Colombia hay 12 horas diarias de sol. Con un alto índice de radiación, este factor se puede utilizar en áreas tales como servicios (comercio, educación, alimentación, etc.), residencial (viviendas y edificios), electricidad en viviendas aisladas, telecomunicaciones, agricultura y transporte (vehículos eléctricos y sistemas de transporte masivo). En 2015,

“Instituto Colombiano de Energía Eléctrica (ICEL)” desarrolló 370 proyectos de “energía solar fotovoltaica” instalación de sistemas, que cuentan con un módulo fotovoltaico de 53 Wp, uno de 72 Ah batería, un regulador de 12 A y luces fluorescentes. Regulador de 12 A y luces fluorescentes. Asimismo, se estudiaron las principales empresas importadoras de celdas fotovoltaicas, de las cuales se obtuvieron los datos de la Ilustración 3.

Tabla 2

Principales empresas importadas de células fotovoltaicas (cifras de 2005)

Compañía	Inversión
Tenesol Colombia Ltda.	162.861
Melco Colombia Ltda.	147.220
Coexito S.A.	123.645
Colsein Ltd.	83.404
BP Solar España Suc L.A.	76.637
Unión Temporal Fulgor Energía	70.356
Componentes Electrónicas Ltda.	58.003
Durespo S.A.	44.203
Energía Integradas CIA Ltda.	42.000
Andecom Ltda.	38.920
Satelite And Solar Services – 3s	38.010
Proyectos y Desarrollo Social	30.260
Solar Center Ltda.	26.112
Coacesorios Ltda.	22.240
Otros	181.390

TOTAL**1.425.261**

Fuente. Gómez et al. (2017)

Además, este informe mostró el número de kW previsto en proyectos para el año 2017, lo cual se muestra en la Ilustración 2. Finalmente, este estudio estableció una demanda eléctrica de 66.174 GWh para el 2015 y demandas eléctricas proyectadas de 67.476 GWh y 71.412 GWh para los años 2016 y 2017, respectivamente (Gómez et al., 2017).

El año pasado se realizaron varios estudios sobre el uso de la energía solar fotovoltaica sistemas, Por ejemplo, en un informe se estudió el funcionamiento de sistemas solares; las cuales están formadas por (Velasco y Calvache, 2019):

Panel solar fotovoltaico. Esta herramienta a su vez transforma la energía solar en electricidad a través del efecto fotoeléctrico.

En ese mismo año se realizaron estudios en lugares con alta índice de radiación en Colombia, como “Santander, Guajira y Bogotá”. En Santander se realizó un informe sobre la capacidad de energía de los proyectos producidos a través de los índices de radiación obtenidos por medio de un mallado de departamentos. Este caso concluyó que el proyecto planificado en ese departamento alcanzaría una capacidad de 80 MW (CA) (Maldonado et al., 2019). En Bogotá se realizó una encuesta realizada con una muestra significativa de 151 personas del estrato 3, 4, 5 y 6 para hacer una comparación entre equipos eléctricos convencionales energía y energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos.

De este informe, se obtuvo que el 82.7% de los encuestados piensa que la energía es cara, y el 82,2% está de acuerdo con el cambio a la energía fotovoltaica. En conclusión, se determinó que la energía solar fotovoltaica proporciona un mayor beneficio económico. Es más eficiente, limpio y confiable. en Bogotá (Moreno y Ramírez, 2019). Además, en la Guajira, se realizó una

tesis, que comparó el costo de energía de la energía solar fotovoltaica contra el costo de energía de otros FNCER. De la tesis, se concluyó que el uso de la energía solar en Colombia es limitado, pero con las condiciones geográficas, puede ser un país potencial en esta industria. Además, la producción de energía solar puede ser más barata una vez instalada en comparación con el poder eléctrico convencional (Calvo, 2019).

Para el año 2019 se realizó un estudio sobre Energías Limpias para Desarrollo Sostenible en Colombia. Este informe comparó el uso de la energía solar en comparación con el uso de otras energías renovables. El estudio analizó las energías limpias en las que la energía solar aparece como una de las principales alternativas para reducir el uso de fuentes convencionales con gran impacto ambiental.

En 2019, se instaló la planta de energía renovable más grande de Colombia con una potencia de 86,2 MW, equivalente al 80% de la energía renovable en el país. “Como cierre, los costos de la energía solar se equilibrarán en el mercado, lo que la convertirá en una alternativa asequible. Además, La energía solar dará diversidad al mercado energético” (Sosa y Gómez, 2020).

Con respecto a este tipo de proyectos sobre energía solar, me permito indicar que en todo el país se han realizado estudios para determinar la viabilidad de estos, en la mayoría de los casos se han realizado en zonas donde no hay un operador del servicio de energía muy fuerte y que a su vez presenta pocas posibilidades de inversión en planes de expansión de sus redes que permitan la conexión de otros usuarios, además de que este proyecto ofrece a las entidades territoriales un ahorro cercano al **60%** en los costos de estructuración y en los tiempos necesarios para lograr su viabilización.

Es así que como formulador de proyecto y luego de mi experiencia de trabajo en el Departamento nacional de Planeación del 2014 al 2018, pude revisar durante la etapa de formulación y estructuración los siguientes proyectos relacionados con energía solar fotovoltaica, los cuales se relacionan a continuación:

“Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en zonas no interconectadas del municipio de Cartagena del Chaira departamento del Caquetá”.

“Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de Montecristo” este proyecto fue aprobado en junio de 2022, previo concepto del equipo de estructuradoras del DNP, dada que fue presentado mediante la metodología de “Proyectos Tipo”.

“Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en las comunidades Wayuu de la zona rural de Manaure” proyecto aprobado en septiembre de 2021.

Además es necesario precisar que con la elaboración del proyecto Tipo de Energía fotovoltaica muchos municipios ubicados en zonas alejadas o rurales dispersas se volcaron de forma positiva a tomar este proyecto como opción para adelantar y acelerar el proceso de estructuración de este tipo de proyectos, con el propósito de poder llevar a las comunidades de dichas zonas una solución adecuada para sus necesidades y todo esto sumando a la posibilidad de financiación de este tipo de iniciativas a través del OCAD PAZ para los municipios que pertenecen a zonas más afectadas por el conflicto armado interno.

Con respecto a este tipo de estudios de factibilidad para proyectos de energía solar que se han realizado en el mundo, se destaca específicamente uno realizado en Ecuador. Este estudio fue realizado por los Ingenieros Andres Gerardo Orellana y José Floresmilo Sarango en su tesis para obtener el grado de ingenieros eléctricos denominado “(Orellana Lalanguí & Sarango Chamba, 2015)”, algunas conclusiones de este trabajo de grado son las siguientes:

“Compararon y analizaron proyectos similares, con lo cual pudieron concluir que el costo de generación convencional es el factor que determina la factibilidad de un proyecto a través de fuentes de energía renovables, dado que identificaron que el precio de la energía convencional en Ecuador es reducida (0.093 USD/KW-h)” (Orellana Lalangui & Sarango Chamba, 2015).

Según (Orellana Lalangui & Sarango Chamba, 2015) en su trabajo concluyen que “no existen limitaciones técnicas para la implantación de energía solar fotovoltaica, puesto que existen soluciones adecuadas a cualquier tipo de instalación deseada” (Pág. 132)

(Orellana Lalangui & Sarango Chamba, 2015) recomiendan que “los diseños para proyectos de energía renovables se deben tomar como referencias en los diferentes escenarios energéticos con menores recursos y de esta manera garantizar la sustentabilidad del proyecto” (Pág. 133)

Marco conceptual

Metodología General Ajustada

“La Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública (MGA), es una herramienta informática en la que se registra en un orden lógico la información para la formulación y evaluación de un proyecto de inversión; su sustento conceptual se basa de una parte en la metodología de Marco Lógico derivada de los procedimientos e instrumentos de la Planificación Orientada a Objetivos (en Alemán Ziel Orientierte Project Planung – ZOOP), y de otra en los principios de preparación y evaluación económica de proyectos” (DNP, 2015).

Desarrollo Rural

Para Machado (1991), “el desarrollo rural es un proceso de cambio de las sociedades locales o rurales, que se realiza en un ambiente democrático incluyente, o por medio de una modernización incluyente, en el que intervengan todos los actores sociales, lo público y lo privado, y las organizaciones campesinas de un territorio específico”.

Análisis de interesados

Según el *Project Management Institute* PMI, (2017) en la guía de buenas prácticas PMBOK sexta edición, se define el análisis de interesados como una “técnica que consiste en recopilar y analizar de manera sistemática información cuantitativa y cualitativa, a fin de determinar qué intereses particulares deben tenerse en cuenta a lo largo del proyecto” (p.699). Según lo explica (Barreto Medina, 2022) “Tiene como ventajas la identificación de todas las partes involucradas (sean interesados internos o externos), los impactos que se generan sobre ellas, su comportamiento, expectativas, necesidades, entre otros” (Pág. 29).

Proyecto

“un proyecto se refiere a un conjunto articulado y coherente de actividades orientadas a alcanzar uno o varios objetivos siguiendo una metodología definida, para lo cual precisa de un equipo de personas idóneas, así como de otros recursos cuantificados en forma de presupuesto, que prevé el logro de determinados resultados sin contravenir las normas y buenas prácticas establecidas, y cuya programación en el tiempo responde a un cronograma con una duración limitada”(Montealegre Tovar, 2008).

Estudio de Factibilidad

“El estudio de factibilidad se utiliza para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y con ello tomar la mejor decisión. Su análisis se realiza cuando el desarrollo del sistema no tiene una justificación económica establecida, existe un alto riesgo tecnológico, operativo, jurídico o no se cuenta con una alternativa clara de implementación” (Pacheco y Pérez, 2018).

Viabilidad

La viabilidad es según la Real Academia de la Lengua “*de un asunto que, por sus circunstancias, tiene probabilidades de poderse llevar a cabo*”. En este contexto, Sapag & Sapag, dicen que “la viabilidad económica busca definir, mediante la comparación de los beneficios y costos estimados de un proyecto, si es rentable la inversión que demanda su implementación” (Sapag & Sapag, 2008.p.24). “Viabilidad se refiere a la capacidad de un Proyecto de lograr un buen desempeño financiero, es decir una tasa de rendimiento aceptable” (Santiago, 2009, p.3).

VPN

El Valor Presente Neto “es una cifra monetaria que resulta de comparar el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos. En términos concretos, el valor presente neto es la diferencia de los ingresos y los egresos en pesos de la misma fecha” (Meza, 2013).

Marco Contextual

Perspectivas y Proyecciones en Colombia

El “Ministerio de Minas y Energía (MME)” ha decidido aumentar el uso de energías renovables. Este aumento se hará en la potencia instalaciones de energías renovables en 50 veces respecto a las condiciones reales. Esto, después de haber aumentado un 12% las energías renovables.

Con la polémica sobre el *fracking*, el Ministerio busca ampliar el mercado energético en energía limpia y prometedora, como energía renovable. Sin embargo, Colombia necesita varias décadas hacer una transición desde una matriz energética basada en gas y petróleo a otra matriz energética basada en energías renovables, de manera similar como lo hizo Noruega (Pardo, 2020).

Actualmente, el consumo energético real del país es de alrededor 70.000 GWh/año, con un crecimiento anual del 2% para los próximos 11 años. UPME espera 400.000 vehículos eléctricos en circulación para el 2030. La central hidroeléctrica de Ituango debería estar funcionando a producir el 14% de la producción anual de energía, pero los eventos imprevistos del proyecto podrían causar una crisis energética para lograr la demanda proyectada (Arango, 2019):

“El Ministerio de Minas y Energía, bajo los lineamientos establecidos para el Plan Nacional de Electrificación Rural – PNER, tiene como objetivo cumplir la meta del gobierno, que busca llevar energía eléctrica a 100.000 nuevos usuarios en todo el territorio nacional, dentro del cuatrienio presidencial” UPME, (2018). Actualmente, “a través de diversas iniciativas, se ha logrado coordinar y articular la conexión a 48.677 nuevos usuarios entre agosto de 2018 y marzo de 2021” UPME, (2018). Puntualmente “durante el primer trimestre de 2021, 4.117 de estos

nuevos usuarios fueron reportados como conectados con una inversión aproximada de \$62.751 millones (valor contratado)” UPME, (2018).

“De estos usuarios, y haciendo énfasis en energías renovables; 781 fueron energizados mediante Soluciones Solares Fotovoltaicas Individuales, representando recursos aproximados por \$16.692 millones” UPME, (2018). También, de los 4.117 nuevos usuarios reportados en el primer trimestre de 2021, se estima que, con una inversión de \$25.140 millones, “se han logrado conectar a 1.447 usuarios, ubicados en municipios de las subregiones del programa de desarrollo con enfoque territorial - PDET; de los cuales, 234 usuarios fueron energizados a través de Soluciones Solares Individuales Fotovoltaicas, con una inversión aproximada de \$5.147 millones” (Torres, et. at. 2021).

Asimismo, el ministerio continúa con el seguimiento y supervisión a proyectos de ampliación de cobertura, que beneficiarán a más de 49.000 nuevos usuarios con el servicio de energía eléctrica. De estos usuarios, más de 36.000 están ubicados en municipios PDET. También, se realiza un seguimiento detallado a los contratos del “Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas FAER”, suscritos en el segundo semestre de 2020; por un valor aproximado de \$117.208 millones; “para beneficiar a 8.086 usuarios de los cuales 7.081 serán nuevos usuarios con el servicio de energía eléctrica. Los 1.005 usuarios adicionales serán beneficiados con mejoras en la calidad y prestación del servicio a través de la normalización del servicio”. FAER (2019).

Granados, et.al., (2022). “Análisis de factibilidad para la integración de la tecnología solar fotovoltaica al sector residencial colombiano a través del modelado de dinámica de sistemas”. Este documento presenta el análisis de costos a través de la dinámica de sistemas (SD)

enfocado al sector residencial colombiano para los “Sistemas Fotovoltaicos Integrados en la Edificación (BIPVS)”.

El estudio considera los estratos socioeconómicos de Colombia. Los estratos son una clasificación de viviendas utilizadas en Colombia para cobrar diferentes tarifas de servicios públicos según el poder adquisitivo de los residentes.

Se realizaron estudios para cubrir el 100% de la carga eléctrica de los hogares, calculando el precio por unidad de energía a través de la técnica del Costo Nivelado de Energía, que asocia los costos de inversión y mantenimiento en función de la cantidad de energía generada durante la vida útil de los equipos. Asimismo, se calcularon la paridad de red y los porcentajes de ahorro en cada estrato para cada ciudad en estudio. Los principales resultados revelan que el índice de paridad de red más alto se encuentra en el Estrato 1 para Bogotá, Cali y Medellín con valores de 0,90, 0,86 y 0,96, respectivamente. Para Barranquilla, el índice más alto lo reporta el Estrato 2 con un valor de 0.54. La mayor tasa de ahorro se reporta para los Estratos 5 y 6 en Barranquilla con 71% y 72%, respectivamente.

Mediante SD, el análisis de las emisiones de CO₂ evitadas reveló que, para el 2050, los sectores residenciales de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla dejarían de emitir 7.106,51 toneladas de CO₂, 2.636,11 toneladas de CO₂, 5.262,14 toneladas de CO₂ y 3.291,52 toneladas de CO₂, respectivamente, debido al uso de energía solar fotovoltaica (FV) en el sector residencial.

García, et.al. (2020), “Análisis de factibilidad técnico-económica a través de estrategias de optimización y desplazamiento de carga en microrredes híbridas aisladas con energía renovable para la zona no interconectada (NIZ) de Colombia”. En los países en desarrollo, la electrificación en áreas remotas, donde el acceso a la energía es limitado o nulo, ha sido uno de

los mayores desafíos de los últimos años. Las microrredes aisladas con generación renovable son una alternativa eficiente para el suministro energético en estas zonas.

El objetivo de este trabajo fue analizar la viabilidad técnica y económica de 6 microrredes aisladas en diferentes localidades de la zona no interconectada de Colombia, considerando diferentes condiciones climáticas, la disponibilidad de recursos renovables, el perfil de consumo actual y un perfil modificado aplicando gestión del lado de la demanda.

Se realizó la modelación y simulación considerando sistemas de almacenamiento basados en baterías de litio y plomo-ácido. Las simulaciones resultantes proporcionan el costo óptimo del sistema, los niveles de emisiones, el costo de la electricidad y la vida útil de la batería. Este estudio demuestra que las microrredes híbridas aisladas con energías renovables son una alternativa factible para resolver los problemas de acceso a la energía, reduciendo la necesidad de generadores diésel y optimizando el uso de energías renovables y sistemas de almacenamiento basados en baterías.

Pérez (2018). “Viabilidad fotovoltaica en comunidades rurales de Colombia” ¿Es factible implementar proyectos solares fotovoltaicos (PV) rurales de pequeña escala en Colombia? La respuesta a esta pregunta es complicada. Para responder a esta pregunta, he desarrollado un enfoque holístico con consideraciones de los mercados de Colombia, la política gubernamental y el acceso a tecnología. Se seleccionaron casas de muestra de la región cafetera para el consumo energía de, para establecer la línea de base de energía, y desarrollar tres escenarios fotovoltaicos. Por último, la factibilidad económica y ambiental sugiere el escenario más favorable. Como Colombia no fabrica módulos fotovoltaicos, son importados, esto hace que aumente el costo del sistema.

Por lo tanto, hay un incentivo económico para minimizar el número de módulos. Para lograr esta condición, se sugiere la instalación de luces y electrodomésticos eficientes. En promedio, para las casas de la muestra, la reducción en el consumo de energía está cerca de un tercio de la cantidad original, lo que indica que la energía solar fotovoltaica debería ser económicamente factible en algunas áreas remotas de Colombia.

Como otro ejemplo se cita a este proyecto es el denominado “Estudio de Factibilidad de la Implementación de un Sistema Solar Fotovoltaico en La Finca Villa Catalina” el cual se realizó en el 2018 por la “Universidad Libre de Bogotá” donde se estudió la factibilidad de la instalación y adecuación en la finca “Villa catalina”. En el mismo se llega a la conclusión que la “instalación fotovoltaica es factible gracias los beneficios económicos otorgados por el gobierno”. (Soler y Tello, 2018).

El desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Córdoba y San José de Uré.

Según datos del Servicio Geológico Colombiano (SGC) “indican que en las extensas sabanas de los departamentos de Sucre y Córdoba se registran altos niveles de irradiación solar, óptimos para que los complejos fotovoltaicos puedan captar con eficiencia la energía para producir corriente eléctrica porque se alcanza incluso a sentir en la parte media y baja de los valles de los ríos Cauca y Magdalena para el montaje de plantas solares”.

Es así como actualmente en Planeta Rica, un municipio cercano a San José de Uré se tiene la planta de paneles solares más grande de Colombia. Esta planta de las más modernas se inauguró a finales del 2020 con la presencia del presidente de la República.

Es importante resaltar lo dicho por el ministro de Minas y Energía, el Dr. Diego Mesa “Colombia sigue avanzando a paso firme en la transición energética hacia fuentes de energía cada vez más limpias y amigables con el medio ambiente, como la proveniente del sol y del

viento. El país ya dio un salto histórico, al pasar de menos del 1% de participación de este tipo de fuentes en la matriz eléctrica, en 2018, a más del 12% para el año 2022. Obras como esta granja de Greenyellow demuestran que las políticas establecidas por este Gobierno han generado una atracción que no la para nadie y que nos permitirá seguir ampliando la capacidad instalada en energía solar y eólica”.

Demografía

El municipio de San José de Uré, es uno de los municipios del departamento de Córdoba en la región Caribe. “Se encuentra ubicado al costado izquierdo del Río Magdalena y muy cerca de las estribaciones de los Montes de María. Hasta principios del siglo XX conservó el nombre original de Tetón, en alusión al cacique que lleva su mismo nombre, arranca desde 1540, cuando sus moradores, los indios pintados de la raza Malibú fueron conquistados, sometidos y convertidos en unos de los muchos resguardos en que se convirtió el territorio de la hoy República de Colombia”, (PDM, 2020).

Población

La población del municipio de San José de Uré, según el DANE (Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda – 2018), es de 13.814 personas, de las cuales 7.110 son hombres (51.46%) y 6.704 son mujeres (48.54%).

Stakeholders del proyecto

Tabla 3

Registro de Interesados

Actor	Entidad / Persona	Intereses o Expectativas	Contribución
Otro	Helmer Fabián Vitola Estudiante de Maestría	Lograr con éxito todos los productos del proyecto	Formular y estructurar el proyecto cumpliendo con los requisitos establecidos por el DNP.
Otro	AFINIA EPM	Mejorar la cobertura del servicio de energía en la zona rural del municipio.	Validación de usuarios seleccionados
Otro	Comunidad Rural beneficiaria	Contar con el servicio de energía eléctrica de forma permanente.	Realización de veedurías ciudadanas durante la implementación y ejecución del proyecto; hacer uso del servicio de energía eléctrica y cuidar de los bienes dispuestos para tal fin.
Municipal	San José de Uré	Asegurar que se preste de manera eficiente a sus	Financiera, técnica y administrativa durante la

		habitantes el servicio implementación y	
		domiciliario de energía ejecución de la	
		eléctrica en la zona rural. electrificación con	
			sistemas fotovoltaicos.
Otro	HELIOS ENERGÍA S.A. E.S.P.	Prestar servicio de energía en la zona rural dispersa del municipio	Sostenibilidad y ejecución de la AOM de los sistemas fotovoltaicos instalados.

Fuente. Elaboración Propia.

Análisis de Stakeholder del proyecto

Teniendo en cuenta la meta del Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 "Uré más Incluyente, más solidario" ACUERDO MUNICIPAL Nro. 06 del 05 de Junio de 2020 de incrementar la cobertura de energía en zona rural mediante las "Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas", se realizan las gestiones respectivas por parte del **MUNICIPIO DE SAN JOSE DE URE** para asegurar que se preste de manera eficiente a sus habitantes el servicio domiciliario de energía eléctrica en la zona rural, realizando la contribución financiera, técnica y administrativa durante la implementación y ejecución de la electrificación con sistemas fotovoltaicos; para que la **COMUNIDAD RURAL** pueda contar con el servicio de energía eléctrica. realizando las veedurías ciudadanas durante la implementación y ejecución del proyecto; hacer uso del servicio de energía eléctrica y cuidar de los bienes dispuestos para tal fin.

De acuerdo con la socialización comunitarias desarrolladas entre el municipio y comunidad rural se plantea la decisión de implementar la alternativa de "Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural" cuyo proyecto contó con previa revisión y aval técnico de la empresa **HELIOS ENERGÍA S.A. E.S.P.**

Listado de Expertos

Tabla 4

Lista de Expertos

Nombres y Apellidos	Especialidad	Cargo	Entidad	Correo institucional y/o página web
	Experto en		Región de	
Helmer Fabián	planeación	Director del	Planeación y	Helmer-89@hotmail.com
Vitola Herrera	metodología	proyecto	Gestión del	
	MGA.		Bajo Cauca	
Libardo Pinzón	Ingeniero	Técnico		
Vives	Electrónico	Eléctrico del	TECIIT S.A.S.	ingeniería.esolar@gmail.com
Jorge Luis		Técnico Civil		
Gallego	Ingeniero Civil	del proyecto	TECIIT S.A.S.	N.A.

Fuente. Elaboración Propia.

Marco Teórico

Sistemas de energía solar fotovoltaica.

La “energía solar” es una de las energías renovables que más promete porque es considerada una fuente de energía continua, la cual no presenta significancia a los cambios en los patrones climáticos estacionales (Solangi, et.al. 2011). Además, la eficiencia de producción de las tecnologías solares ha aumentado en los últimos años y la capacidad de utilizarlas en una variedad de ubicaciones es muy favorable (Devabhaktuni, et.al., 2013). “La demanda de energía solar está aumentando en todo el mundo a medida que los países avanzan hacia el desarrollo sostenible y la reducción de las emisiones de CO₂ (Hosenuzzaman, et.al. 2015). La energía solar se puede aprovechar por medio de tecnologías “solares fotovoltaicos” (PV) y “solares térmicos” para diversas aplicaciones.

La “radiación solar” puede convertirse en energía eléctrica en forma directa en las aplicaciones de “tecnología fotovoltaica” (PV), que es una de las metodologías potenciales disponibles ofertadas por las energías limpias y renovables. Realmente si se compara con las emisiones de CO₂; en particular las emitidas por la combustión del carbón, los cuales son equivalentes a 975 g por kilovatio hora (kWh), las emisiones derivadas del uso de energía fotovoltaica son de aproximadamente 50 g por kWh (Burkart, 2016). Ofrece energía gratuita continua y la esperanza de vida de los productos solares puede ser de hasta 30 años (Burkart, 2016). Situaciones que los últimos años, se vienen realizando amplias investigaciones sobre el uso insuperable de la “energía solar” (Joshi, et.al. 2009; Bayrak eet.al. 2016).

Las investigaciones han podido demostrar que la “energía solar” puede cumplir aproximadamente 1000 veces el requerimiento de energía global; aunque, actualmente, solo se utiliza el 0,02% de esta energía (Xia, 2010). Estas estimaciones generalmente se basan en la

“radiación solar” físicamente disponible en la superficie terrestre (Angelis, et-al.; 2011). Aunque el nivel de uso global de la energía solar ha sido una pequeña fracción de su capacidad real, las inversiones en energía solar han crecido significativamente en los últimos años (FS-UNEP, 2018).

Diversos escenarios como, “Europa, China y Estados Unidos” son los principales inversores en este campo. En recientes informes realizados por “Renewable Energy Policy Network for the 21st Century” (REN21), revelan que a nivel mundial se han invertido más en “energías renovables” que los países ricos por primera vez en 2015 (Devabhaktuni et al. 2013) aseverando que la “energía solar” es de utilidad beneficiosa, en especial para los países en desarrollo, por varias razones, entre ellas: la posición geográfica y astronómica de la gran mayoría de los países en desarrollo en territorios con alta “radiación solar”.

Los “sistemas fotovoltaicos” a gran escala ofrecen beneficios ambientales significativos sobre las fuentes de energías convencionales. También facilita la reutilización de terrenos marginales, (IPCC, 2011). No obstante, el área necesaria para construir grandes sistemas fotovoltaicos puede causar impactos no deseados en el paisaje, el uso de la tierra y la biodiversidad (Graebig, et.al. 2010). Preferiblemente, estos despliegues deben ubicarse en terrenos no utilizados y de baja productividad para minimizar tales impactos (Turney y Fthenakis, 2011).

Las ubicaciones no ideales incluyen bosques, áreas remotas extremas y áreas con inestabilidad y un alto grado de desarrollo existente (Perpiña. et.al. 2016). La generación de energía utilizando fuentes de energía renovable se ha aplicado ampliamente para garantizar una mayor fiabilidad, sistemas de energía sostenibles y amigables con el medio ambiente (Energy, 2016).

Es de esperarse que para un futuro próximo diferentes sistemas puedan alcanzar varios horizontes de penetración superiores al 30 % (Corbetta et al., 2015). Se realizaron estudios por (DeGunther, 2009) sobre las ventajas y desventajas del uso de la energía solar, el cual determinó que los sistemas solares fotovoltaicos pueden ser instalados en construcciones urbanas, edificios y viviendas (incluso en lugares de difícil accesibilidad energética), tienen un bajo costo de mantenimiento, desarrollo constante y alta disponibilidad; Pero los “sistemas solares fotovoltaicos” requieren grandes áreas de terreno para ser instalados, estos sistemas se ven afectados por las condiciones climáticas, tienen altos costos de instalación y soporte técnico limitado.

En 2014, un informe sobre el consumo de energía en el mundo (Arriols, 2020) explicaba que las fuentes energéticas son diferentes en los distintos países. La información obtenida en el estudio se reporta en Figura 1. Esta figura muestra que el consumo energético solar fue solo del 0,43%; Asimismo, se ha demostrado que el consumo de energía se fundó en el “petróleo, el gas natural y el carbón”. En cifras, el 85,5% del consumo fue energía fósil y el 10,1% del consumo fue energía renovable.

En 2018, un estudio estadístico elaboró un informe que arrojó que el 18,9 % del consumo total de energía provino de energías renovables, de las cuales el 8,3 % se utilizó en actividades de transporte. El consumo de energía procedente de fuentes renovables, por su parte, pasó del 9,6% en 2004 al 18,9% en 2018. Además, la Unión Europea ha propuesto un aumento hasta el 20% para 2020 (Explicación de las estadísticas de Eurostat, 2020).

En ese mismo año se instalaron 171 GW en todo el mundo; este agregó 2351 GW al consumo mundial total. Las energías renovables aumentan un 7,1%, mientras que la solar fotovoltaica y la energía eólica mejoró un 7,9%, representó el 84% del nuevo poder mundial. El Parlamento Europeo propuso 32% renovable energía para 2030. Los recursos renovables lograron competitividad debido a grandes avances tecnológicos (Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2018). Acá se demuestran la representación de las energías renovables el 10,81% del consumo mundial de energía. También el mayor consumo se debió al petróleo con un 33,63%.

Actualmente, Colombia trata de satisfacer los requerimientos de “energía eléctrica” con eficiencia en todas las zonas del país, aun cuando exista dependencia de fuentes energéticas que necesitan el uso de recursos naturales, tales como: “petróleo, carbón y agua (hidráulica)”, los cuales alteran considerablemente el equilibrio del medio ambiente (Martínez y Herrero, 2011).

En la realidad energética de Colombia se muestra un déficit energético que se calcula en cifras aproximadas del “32,0%” de las unidades territoriales no forma parte del “Sistema Nacional de Interconexión (SIN)”, (IPSE, 2016). A pesar de que Colombia dispone de “energía solar” en promedios uniformes (irradiación) durante el año para todo el territorio del orden de “4,5 kWh/m²”, apto para ser utilizado para generar y abastecer la demanda eléctrica a través de “sistemas solares fotovoltaicos”.

En la descripción del inventario energético, en 2005 había unas “145 plantas fotovoltaicas”, cuya potencia instalada era de “208,06 kW” [9], en 2014 tenía unos “11,6 GW” y en 2015 aumentó en “0,6 GW” para un total de unos “12 GW”. Esto confirma que la generación

eléctrica territorial a partir de fuentes renovables como la “solar fotovoltaica” es muy baja (Silva y Valencia, 2016).

La “energía solar fotovoltaica”, de acuerdo a (Hernández y Ramírez, 2015), “es una excelente solución a esta situación, ya que es de fácil instalación y uso (zonas aisladas), su fuente de generación es inagotable (Sol), tiene un buen recurso solar y es respetuosa con el medio ambiente” (p.76). Además, los “sistemas fotovoltaicos” presentan facilidad para su instalación, la estructura de los costos tiende a disminuir, en otras palabras, se necesita poco mantenimiento, presentan una larga vida útil y el costo de las “celdas solares” es siempre menor (Sevilla y Driha, 2011).

Ya es bien conocido y aceptado a nivel mundial la energía solar como una de las herramientas para aprovechar la energía solar como un sistema fotovoltaico, pero existe la necesidad de conocer la radiación solar, es decir, conocer e interpretar el mapa de radiación solar de la zona donde se va a instalar el sistema fotovoltaico. En Colombia, “Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales” (IDEAM, 2018) y la “Unidad de Planeación Minero-Energética” (UPME, 2015a) presentan los mapas anuales de radiación en Colombia. Este mapa de radiación solar proporciona la radiación horizontal global, la luz solar, los días sin luz solar, la radiación ultravioleta (UV) y la columna de ozono. Técnicamente, para el diseño e instalación de un “sistema fotovoltaico” se requieren horas al día con sol y radiación solar en un lugar específico (Pulgarín, 2020).

En 2015 la (UPME, 2015) mencionó varios contextos para el futuro mercado y gestión de la energía. Por ejemplo, existen escenarios que destacan la factibilidad de renunciar al 80% de la energía fósil y nuclear, esto significa que el 70% del mercado energético dependerá de las energías renovables para el 2050

Otro escenario sugiere que se puede esperar que el uso total de energía renovable satisfaga la demanda de energía para 2030. Las turbinas eólicas, las plantas solares, los sistemas solares fotovoltaicos, los sistemas solares domésticos, las plantas geotérmicas, las plantas hidroeléctricas y los sistemas de energía mareomotriz se perfilan como los sistemas de suministro de energía con una producción de energía de aproximadamente 2.006,75 MW.

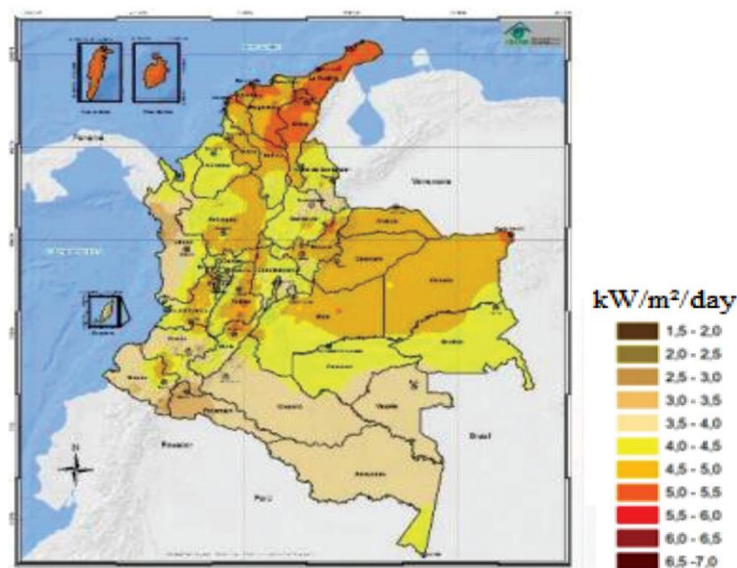
Finalmente, el último escenario sería energía basada en “petróleo, gas, carbón” y renovables, similar al mercado actual, pero con algunas mejoras por impacto ambiental (UPME, 2015).

Para el aprovechar de la “energía solar” en Colombia es necesario conocer sobre el mapa de radiación. Como se desea aprovechar esta situación en la costa, debe verse como el mapa de radiación de IDEAM para el año 2018 (figura 1).

En Colombia, el índice de radiación promedio es de “4,5 kW/m²/d”, lo que ubica muy por encima de la media de Alemania (3,0 kW/m²/d), el país con la mayor producción de energía a partir de la energía solar fotovoltaica. Departamentos como “Vichada, Guajira, Atlántico” y otros departamentos del FNCER en Colombia.

Figura 1

Mapa de irradiación de Colombia 2018



Fuente. IDEAM (2018)

Actualmente, la energía que domina en Colombia es la “hidroeléctrica”, amigable en las variables ambientales por no generar emisiones significativas de CO₂ pero sí se ve afectada por los fenómenos de El “Niño y La Niña”. Por todo ello, la “Asociación Colombiana de Energías Renovables” (SER) pretende dar estabilidad al sistema colombiano de generación de energía. “SER” busca aprovechar la alta radiación solar en Colombia para convertir a este país en un gran generador de energía solar, ya que tiene altos índices de radiación durante 12 horas al día en departamentos como “Guajira, Atlántico y Valle”. Esto indica una mayor eficiencia y puede presentarse como una alternativa a la crisis energética mundial (Arango, 2019; Procolombia, 2018).

Los beneficios de esta fuente de energía son muchos. Al respecto se plantea que se genera un “mayor consumo de energía solar, esto traería consigo una reducción en el uso de otras fuentes de energía, una menor demanda de la red, en consecuencia, una reducción en los precios

nacionales de fuentes tradicionales de energía solar”. Obviamente, esto beneficia a todos los ciudadanos. Es relevante señalar que la inversión o coste inicial de un “sistema fotovoltaico” es elevado.

Pero el uso posterior es formidable (“larga vida del sistema”) y económico (“bajos costes de mantenimiento y sin necesidad de combustible”). Se dice que al aumentar la oferta de “energía fotovoltaica “los costos serian menores”, conocido como “merit-order effect” o “efecto mérito” (Morales, 2013).

Otra gran ventaja o ventaja es que cualquier persona puede asumir puede asumir la generación de electricidad con “sistemas fotovoltaicos”, incrementando la soberanía energética. Además, el uso de “energía fotovoltaica” representa menor peligro, ya que no requiere líneas de alta tensión, lo que puede generar catástrofes en términos de fallas de la estructura y de las líneas de transmisión.

Según el IPSE, “Colombia tiene un sistema interconectado muy débil que no satisface la demanda a nivel nacional, el transporte de energía es costoso y genera pérdidas importantes”; Utilizando esta fuente de energía, es posible reducir los “impactos ambientales, las emisiones de gases de efecto invernadero (actividades industriales) y otros tipos de contaminación causada por el petróleo, el carbón”, entre otros (Toledo y Urrutia, 2013).

En cuanto a los beneficios, Makridis coincide con “Greenpeace y EPIA” en afirmar que la implementación de “sistemas fotovoltaicos” ayuda al bienestar socioeconómico, ya que con estos se reduce la emisión de “dióxido de carbono y óxidos de azufre” y disminuye el costo por las externalidades evitadas (Greenpeacey EPIA, 2011) Los incentivos y concesiones en el país se rigen por la “Ley 1715 de 2014”, que promueve la implementación de estas “tecnologías no convencionales”.

Sin embargo, deberían existir mayores ventajas para las personas físicas o jurídicas que generan electricidad a través de la “energía solar fotovoltaica”, una de ellas sería que el precio del “kWh” que se genera por esta fuente energética, el cual es superior al de otras fuentes de generación. Otro beneficio importante sería recibir un apoyo financiero estatal del orden del 60-80% en la inversión inicial como la promueven algunos países (“Alemania, Japón”), puesto que se está fomentando la llamada “energía limpia”, que puede suplir carencias energéticas y ambientales.

Finalmente, en los sectores económicos se deberían implementar más “Sistemas Solares Fotovoltaicos” para la producción de energía eléctrica a “pequeña, mediana y gran escala”, estas alternativas pueden reducir la saturación de las redes de transporte de energía, se podría reducir al mínimo las dependencias energéticas como la “electricidad .hidráulica y combustibles”, reducir la contaminación ambiental y las emisiones de “gases de efecto invernadero” del petróleo y el carbón, así como ofertar mejores plazas de trabajo. Todo esto con el objetivo de favorecer a un mayor número de colombianos y realizar una industria energética ambiental, social, eficiente, eficaz y económicamente sostenible en un período determinado.

Energía Potencial

El potencial teórico de la energía solar está definido por la energía de radiación que llega a un área específica (por ejemplo, 1 Km²) dentro de un período de tiempo definido (por ejemplo, 1 año). (Kalogirou, 2009).

El Sistema Fotovoltaico

“Un sistema fotovoltaico es una composición de todos los dispositivos utilizados para convertir fotones solares directamente en electricidad, que son: panel solar, unidad de almacenamiento, regulador de carga/descarga e inversor si es necesario para convertir corriente

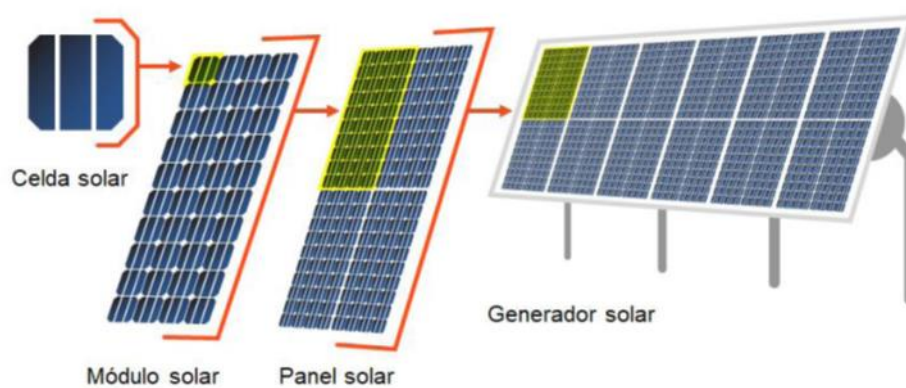
continua (CC) en corriente alterna (CA). En algunos casos, dependiendo del propósito, el almacenamiento puede no ser necesario (por ejemplo, conexión a la red). El elemento clave de un sistema fotovoltaico es la célula solar. Este elemento es el encargado de convertir la radiación solar en electricidad y su función se basa en el efecto fotoeléctrico¹ que consiste en la generación de electricidad por parte de ciertos materiales al ser expuestos a la luz” (Maini, et al., 2011).

Las “celdas individuales” se conectan en serie y son ensambladas formando módulos (“32-76 celdas”) generando el voltaje que se necesita (“15-30 V”) “encendiendo diferentes dispositivos con mayor consumo de energía; si se necesita generar más energía eléctrica, los módulos se conectan físicamente para formar lo que se conoce como un panel solar 4-10 módulos” (Maini, et al., 2011). Estos paneles conectados mecánicamente y dispuestos sobre un soporte y cableados entre sí se conocen como “generador solar o generador fotovoltaico” (PV) figura 2.

Figura 2

Generador solar o generador fotovoltaico

Nota: La figura muestra el proceso de generación fotovoltaica.



Fuente. Maini et.al. (2011)

“La primera celda solar de silicio (SC) fue descubierta por un físico francés, Edmond Becquerel en 1839. Los experimentos de Becquerel mostraron que ciertos materiales producen una pequeña cantidad de electricidad cuando se exponen a la luz. Este efecto se estudió primero en metales como el silicio con un rendimiento de alrededor del 2%. La investigación prosiguió y en 1954 se logró una celda solar de silicio con una eficiencia de alrededor del 6%”, reportada por Chapin, Fuller y Pearson (Chen, 2011). “En cuanto a su aplicación, los SC se utilizaron por primera vez para cargar baterías del Satélite de los Estados Unidos (U.S. Vanguard) en 1958” (Maini, et al., 2011).

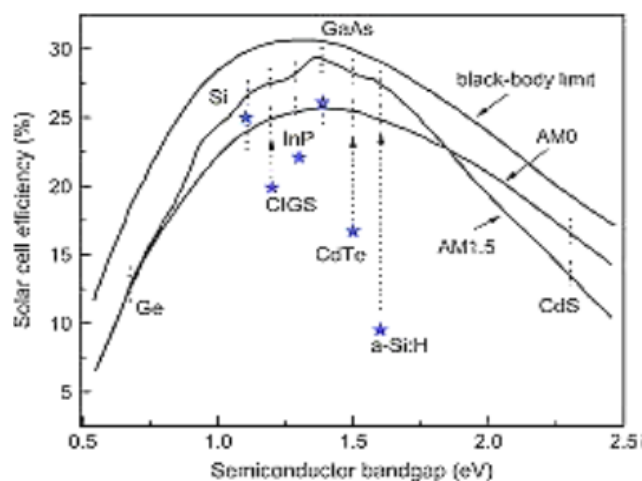
Debido a los altos costos, los SC se usaron inicialmente solo con fines de investigación espacial, militar y científica. Sin embargo, con la crisis energética que comenzó en la década de 1970, surgió el interés en el desarrollo de SC para fines civiles (Kalogirou, 2009).

Arquitectura de celdas solares

Los SC's pueden fabricarse utilizando diferentes tipos de materiales semiconductores, tales como Silicio (Si), Germanio (Ge), Fosforo de Indio (InP), Arseniuro de Galio (GaAs), Telururo de Cadmio (CdTe), etc., pero algunos de estos materiales (por ejemplo, InP, GaAs) no son abundantes en la Tierra y, por lo tanto, son mucho más caros si se comparan con aquellos como Si y Ge, lo que conduce al uso predominante de Si en aplicaciones comerciales. El Ge no se usa mucho debido a su menor eficiencia, como se puede ver en la figura 3 a continuación:

Figura 3

Potencial de eficiencia de algunos materiales semiconductores.



Fuente: LEM, (2014)

“Silicio Cristalino (c-Si)”

El silicio es el material más común en la energía fotovoltaica comercial. El silicio es abundante en la tierra. Es estable, no tóxico y, para fotovoltaica, es compatible con microelectrónica basada en silicio.

Actualmente, los módulos solares más comunes disponibles en Colombia son los de silicio como material de base. Las tecnologías más comunes para la producción fotovoltaica son el silicio cristalino y el área emergente de la tecnología de película delgada. Silicio cristalino utilizado para la producción de láminas fotovoltaicas clasificarse como “monocristalino y policristalino”, y las tecnologías emergentes incluyen orgánicos, “perovskita”, y muchos otros. El silicio es el material más común en la energía fotovoltaica comercial. El silicio es abundante en la tierra. Es estable, no tóxico y, para fotovoltaica, es compatible con microelectrónica basada en silicio.

Tecnologías emergentes

Dado que el aumento de la eficiencia y el precio impulsan el mercado de las células solares fotovoltaicas, existen oportunidades para que otras tecnologías se unan. Una de estas tecnologías es una mezcla de productos orgánicos y perovskitas inorgánicas. Una perovskita es un compuesto químico “descrito por la fórmula ABX_3 , donde X es un anión, y A y B son cationes de diferentes tamaños (siendo A más grande que B)” (Verde,

Ho-Baillie, et al., (2014). Parece que el primer informe de células solares de perovskita apareció en 2006 por Miyasaka cuando produjeron una celda $CH_3NH_3PbBr_3$ con una eficiencia del 2,2% (Green et al., 2014).

Medidor bidireccional

Aparato de medición capaz de registrar la “entrada y salida de energía” de “un sistema de autogeneración o de la red de baja tensión, estos datos son guardados y analizados al mismo tiempo; algunos medidores solo registran la importación o exportación de energía. Estos contadores no solo se utilizan en sistemas fotovoltaicos, también son una buena opción para sistemas de energía eólica y otras energías renovables” (INELDEC, 2020).

Inversor

Puede transformar la energía que se genera en la “celdas solares” de “corriente continua en energía de corriente alterna”; (TEKNOSOLAR, 2018), “con esto se busca que los electrodomésticos y demás dispositivos eléctricos del hogar puedan seguir utilizando la energía eléctrica de forma normal”.(p.34).

Operador de red

“Empresa de servicios públicos” que se encarga de ejecutar las labores de “mantenimiento, conexión y distribución de la energía eléctrica en el sistema de distribución

local o en el sistema de transmisión regional. Los activos de la empresa pueden ser propios o de terceros”. (CREG, 2021).

Disponibilidad de la red

Se refiere a la capacidad de llevar la energía hasta el lugar donde se está solicitando el servicio, usando su infraestructura de redes eléctricas. El certificado de “Disponibilidad” servirá como requisito para el trámite de concesión. (EPM, 2021).

Excedente energético

(SOMENERGIA, 2020). “Es la energía generada por los paneles solares que no se consume inmediatamente y que fluye hacia la red de baja tensión; esta energía es contabilizada por el medidor bidireccional de energía eléctrica”. (p.45).

Beneficio medioambiental

“La cantidad de energía solar que alcanza a la superficie terrestre es enorme, cerca de 122 petavatios (PW), y equivale a casi 10 000 veces más que los 13 TW consumidos por la humanidad en 2005. Esta abundancia sugiere que no pasará mucho tiempo antes de que la energía solar se convierta en la principal fuente de energía de la humanidad. Adicionalmente, la generación eléctrica mediante fotovoltaica presenta la mayor densidad energética (una media global de 170 W/m²) de todas las energías renovables” (Ramirez, 2019).

“A diferencia de las tecnologías de generación de energía basadas en combustibles fósiles, la energía solar fotovoltaica no produce ningún tipo de emisiones nocivas durante su funcionamiento, aunque la producción de los paneles fotovoltaicos presenta también un cierto impacto ambiental. Los residuos finales generados durante la fase de producción de los componentes, así como las emisiones de las factorías, pueden gestionarse mediante controles de contaminación ya existentes” (Ramirez, 2019).

Metodología General Ajustada (MGA)

Teniendo en cuenta el Manual Conceptual de la Metodología General Ajustada (MGA), se tiene como referencia que: nos dice que... “*La Metodología General para la Formulación y Evaluación de Proyectos de Inversión Pública (MGA), es una herramienta informática en la que se registra en un orden lógico la información para la formulación y evaluación de un proyecto de inversión; su sustento conceptual se basa de una parte en la metodología de Marco Lógico derivada de los procedimientos e instrumentos de la Planificación Orientada a Objetivos (en Alemán Ziel Orientierte Project Planung – ZOOP), y de otra en los principios de preparación y evaluación económica de proyectos*” (DNP, 2015). Sus pasos son: identificación, preparación, evaluación y programación”. (DNP, 2015).

Estudios de factibilidad

“El estudio de factibilidad se utiliza para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y con ello tomar la mejor decisión. Su análisis se realiza cuando el desarrollo del sistema no tiene una justificación económica establecida, existe un alto riesgo tecnológico, operativo, jurídico o no se cuenta con una alternativa clara de implementación” (Pacheco y Pérez, 2018).

En otro orden de ideas, el estudio de factibilidad de acuerdo con (Méndez, 2020) “es la calificación del potencial del éxito del proyecto, la posibilidad de que la realización de un producto haya sido aprobada y se obtengan los resultados esperados. Es el análisis de una empresa para determinar si el negocio que se propone será bueno o malo. Además, determina si dicho negocio contribuye con la conservación, protección o restauración de los recursos naturales y el ambiente” (p.67).

Objetivos de un estudio de factibilidad

Reducir de errores y generar mayor precisión en los procesos.

Reducir los costos mediante la optimización o eliminación de los recursos no necesarios.

Definir y Acelerar el proceso de recopilación de los datos.

Reducción en el tiempo de procesamiento y ejecución de las tareas.

Disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos y productos señalados.

Ejecutar el máximo de seguridad y el mínimo de riesgos posibles.

Obtener el máximo de beneficios o ganancias con la intervención.

Estudio de Suelos

El suelo es un agregado natural no cementado de minerales y de materia orgánica (Macías y otros, 2018). (Das, 2001). Es así como un estudio de este permite que uno pueda conocer las características y propiedades geológicas del terreno donde se va a construir o se pretende intervenir, es muy importante saber si este presenta alteraciones o limitaciones a la hora de cimentar tu vivienda.

Se realizará un estudio detallado sobre la estructura geológica del área (estratigrafía, litología, fallas más importantes, amenazas por fenómenos de remoción de masa, etc.), la cual se complementará con información recolectada en el “SERVICIO GEOLOGICO MINERO y el POT” de los municipios de la zona. Se presentará un informe, el cual incluirá un plano geológico a escala de 1:25.000 o mejor, con el fin de caracterizar geotécnicamente el trazado de las obras: para clasificarlo en los distintos tipos de roca (I, II, III, etc.), que permita tener un esquema detallado de los tipos de soporte requeridos.

Se hará una campaña de perforaciones con recuperación de núcleo, y sus respectivos ensayos para diseño, que incluya, por lo menos, una muestra en cada una de las obras principales: Todas las muestras serán llevadas a un laboratorio debidamente acreditado, donde se realicen: pruebas de clasificación, resistencia al corte, porosidad, compresión encofinada, etc. Para establecer la resistencia y capacidad portante de los suelos, información que servirá de base para el diseño de las obras.

Memoria de cálculo estructural

“Es un documento descriptivo donde se reflejan de manera exhaustiva los procedimientos aplicados, en este caso, para el cálculo de determinada estructura y el dimensionamiento de cada uno de sus elementos” (Structuralia, 2022). “Una memoria de cálculo estructural es un documento descriptivo donde se reflejan de manera exhaustiva los procedimientos aplicados, en este caso, para el cálculo de determinada estructura y el dimensionamiento de cada uno de sus elementos” (Structuralia, 2022). Por otra parte, el mismo autor expone:

“Es el corazón de la memoria de cálculo estructural, y se abordan a profundidad el análisis de las cargas (variables, fijas, externas, sísmicas, etc.), y el análisis de los elementos estructurales (vigas, columnas, forjados, zapatas, etc.). Para finalmente dar forma al diseño de todos los elementos que componen la estructura en cuestión, con su dimensionamiento y detalles de encuentros” (p. 63)

Debe contener los siguientes puntos:

Datos Generales de la Estructura.

Descripción de la estructura.

Descripción de los materiales.

Diseño estructural adecuado de acuerdo con el tipo de estructura.

Presentación de resultados y conclusiones.

El diseño estructural

“Son los elementos que componen la estructura en cuestión, con su dimensionamiento y detalles de encuentros. Se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas, sus capacidades mecánicas y el menor costo que puede conseguirse” (Structuralia, 2022)

Se optimizarán las obras del esquema elegido y se precisarán y presentarán: memorias de cálculo, memoria descriptiva de la ejecución y desarrollo por etapas, caracterización del equipo de construcción a utilizar teniendo en cuenta el acceso al sitio y la máxima utilización de la mano de obra local, diseños generales, arquitectónicos y estructurales que consideren el acero de refuerzo disponible en el mercado, sistemas de drenaje y manejo temporal de aguas, planos de excavación y de construcción, detalles de cada una de las etapas, especificaciones técnicas de construcción de cada ítem de pago, cantidades de obra, presupuesto, cronograma de ejecución, recomendaciones en general.

Se encuentra conformado por los siguientes elementos:

1. Análisis
2. Diseño
3. Dibujo

Diseño eléctrico

El diseño eléctrico “es el proceso de planificación y creación de equipos eléctricos, como componentes eléctricos, esquemas, equipos de iluminación, sistemas de energía e infraestructuras de telecomunicaciones” (Autodesk, 2022).

El diseño se realiza de acuerdo con lo exigido “Instalaciones Eléctricas (RETIE), RETILAP” y lo establecido en la “Norma técnica NTC 2050” y se debe realizar por profesionales especializados en el área, con matrícula vigente, experiencia e idoneidad en el área del diseño eléctrico.

Proceso Constructivo

Son “el conjunto de fases, sucesivas o solapadas en el tiempo, necesarias para la materialización de un edificio o de una infraestructura. Es decir que son una serie de procedimientos que se deben seguir al momento de llevar a cabo una edificación con el objetivo de hacer estos procedimientos de forma eficiente y organizada para ahorrar tiempo, y dinero” (Construmatica, 2022).

Especificaciones técnicas

“Corresponde a un conjunto de documentos del contrato de vital importancia en un proyecto de construcción porque definen las normas, exigencias y procedimientos que van a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción” (INVIAS, 2018) “Manual especificaciones técnicas es el encargado de los procesos constructivos que adelanta en Instituto Nacional de Vías (INVIAS) y resalta las actividades a desarrollar en los procesos constructivos de vías según los estándares de calidad vigentes”.

Documento Técnico

Este constituye la memoria descriptiva del proyecto, es además un documento de carácter informativo, pero que es obligatorio presentarlo ante cualquier proyecto, toda vez que sustenta teórica y metodológicamente el proyecto. (Sánchez & Martínez, 2020). Generalmente según lo expresado por (DNP, 2021). el “Documento técnico que soporte y contenga lo siguiente: el planteamiento del problema, los antecedentes, la justificación, el análisis de participantes, los

objetivos tanto general como específicos, el análisis de alternativas y el cronograma de actividades físicas y financieras” (DNP, 2021).

Evaluación financiera

El tiempo que dure el “proceso de evaluación de un proyecto”, es requerido un proceso de evaluación multidisciplinario para evitar que las decisiones sean tomadas por una sola persona con un enfoque limitado o que la información sea analizada desde un solo punto de vista.

Entre los principales indicadores que se toman en cuenta en el proceso de “evaluación de la viabilidad de un proyecto”, cobran protagonismo aquellos que se puede su “viabilidad financiera”, según, Domínguez et.al. 2014, los métodos más utilizados para las evaluaciones desde el punto de vista económico son:

“El valor actual neto (VAN), el flujo de caja neto (FNE), la tasa interna de retorno (TIR), el costo anual uniforme equivalente (CAUE) y la relación beneficio costo (RBC), a su vez, los autores también proponen un enfoque social para poder evaluar la factibilidad de los proyectos, para lo cual mencionan métodos como el criterio del ingreso nacional (CIN), el análisis costo-beneficio (ABC) y el método de evaluación a precios externos (LMST)”. (p.56).

Marco Legal

A la fecha el Gobierno y las entidades delegadas por la Ley para su reglamentación han expedido las siguientes normas:

Decreto 2492 de 2014 “Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda” (Función Pública, 2014).

Decreto 2469 de 2014 “Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”. (Función Pública, 2014).

Decreto 2143 de 2015 “Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014”. (Función Pública, 2015).

Resolución UPME 0281 de 2015 “Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala”. (UPME, 2015).

Decreto 1623 de 2015 “Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas” (Función Pública, 2015).

Resolución CREG 015 de 2018 “Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional” (CREG, 2018). Ver capítulo 10.

Resolución CREG 038 de 2018 “Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas”. (CREG, 2018).

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

Diseño metodológico

Fuentes de Información

Fuentes primarias.

Entrevista con el secretario de Planeación y el alcalde municipal para conocer la problemática de primera mano y adicionalmente saber con mayor precisión las necesidades sobre el servicio de energía eléctrica en las zonas rurales dispersas.

Fuentes secundarias.

La búsqueda a través de fuentes de tipo secundarias la haré a través de páginas Web: dicha información se hará en bases de datos específicas, revistas indexadas, libros y páginas de empresas e instituciones con trayectoria y reconocida experiencia para así poder obtener datos representativos y precisos sobre energía eléctrica, cobertura eléctrica en zonas rurales dispersas, soluciones energéticas sustentables, etc. Los sitios o páginas web que se consultaron son:

Revisión del Plan de Desarrollo Municipal del Municipio de San José de Uré Córdoba,

Página oficial del Ministerio de Hacienda y Crédito Público.

Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050.

Asociación de Empresas de Energías Renovables.

Página Oficial del Ministerio de Minas y Energía.

Página Oficial del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Página Oficial del Departamento Nacional de Planeación – DNP.

Página Oficial del Instituto para la Planeación y Promoción de Soluciones Energéticas –

IPSE

Página Oficial del Sistema General de Regalías – OCAD PAZ.

Página Oficial de la Empresas Públicas de Medellín – EPM.

Página Oficial del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –
IDEAM.

Los libros o revistas que se consultaron son:

Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia. Revista electrónica Energreencol
S.A.S.

La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: Potenciales, Antecedentes y Perspectivas.
Universidad Santo Tomás.

Comparative Analysis of Environmental Impacts of Maize-Biogas and Photovoltaics on a
Land Use Basis. Sol. Energy

Feasibility analysis for the integration of solar photovoltaic technology to the Colombian
residential sector through system dynamics modeling. Energy Reports, 8, 2389-2400

Atlas Climatológico, Radiación y Viento. Colombia: Institute of Hydrology, Meteorology
and Environmental Studies.

La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia.

Mecánica de Suelo: Tomo I. 3 Ciencias.

Tipo de Investigación

Este estudio de investigación cumple con un proceso de investigación descriptiva y aplicada con enfoque cuantitativo que incluye una propuesta de solución a una necesidad detectada, la cual se encuentra desarrollada a través de los estudios de mercado, técnico, administrativo y financiero. Se aplica el método inductivo, el cual hace referencia al análisis de los elementos o variables para llegar a un concepto o conclusión, en esta investigación, se realizará el análisis por medio de los objetivos específicos los cuales llevaran a determinar la viabilidad del estudio.

Población y muestra

Población: La población objetivo del presente proyecto aplicativo serán las personas que están en zonas rurales dispersas, la administración municipal, las juntas de acción comunal y líderes de zonas con baja cobertura de energía eléctrica.

Muestra: Son los potenciales beneficiarios del proyecto.

Metodología del Proyecto Aplicado

Metodología General Ajustada

Es una aplicación informática para el registro, presentación y evaluación ex ante de los proyectos de inversión pública. Esta herramienta fue creada y es administrada por La "Dirección de Inversiones y Finanzas Públicas del DNP" (DNP, 2013).

Por tales razones, resulta relevante investigar la efectividad de la herramienta MGA frente a los requerimientos de estas entidades de crédito internacionales. La "formulación de proyectos de inversión pública en Colombia" se realiza utilizando la "Herramienta MGA", que es dirigida por el "Departamento Nacional de Planeación", en la que son estructuradas todas las particularidades de los "proyectos públicos de interés nacional".

"La formulación a través de esta Herramienta facilita el proceso de conceptualización, diseño y ejecución de este tipo de proyectos, apoyándose en diferentes metodologías, instrumentos, herramientas y técnicas de análisis y estudio para su desarrollo, dando soporte conceptual a los proyectos y permitiendo obtener información confiable. Obtenida las etapas de proyectos de inversión pública tales como: preinversión, inversión, inversión y evaluación ex – post" (p.64).

La MGA recibe este nombre porque cumple con tres condiciones:

“Se estructura como metodología ya que permite el registro de la información, por medio de una secuencia ordenada de formularios que se integran para facilitar la toma de decisiones y la gestión de los proyectos” (DNP, 2015).

“Permite ingresar cualquier iniciativa de inversión pública, sin importar la fase en la que se encuentre y el sector al que pertenezca” (DNP, 2015).

“Es ajustada ya que esta ha venido evolucionando en el tiempo, especialmente desde el 2003, donde se modificaron los formularios y los sistemas operativos utilizados para su funcionamiento” (DNP, 2015). En el artículo 49 de la Ley 152 de 1994 (Congreso de la República., 1994), se facultó al DNP para “organizar las metodologías, los criterios y los procedimientos que permitan integrar los sistemas para la planeación y una red nacional de bancos de programas y proyectos”.

Bajo estas disposiciones la “Dirección de Inversiones y Finanzas del DNP” desarrolla aplicaciones informáticas para presentar y evaluar ante de los proyectos de inversión pública “(DNP, 2015) y mediante la Resolución 1450 de 2013” el “DNP” adopta a la “MGA” como herramienta metodológica; de esta forma, se persigue que estas herramientas puedan facilitar su implementación , con la ayuda de un “sistema de información” que permita la elaboración de “diagnósticos y el seguimiento, evaluación y control de los planes de desarrollo” por los organismos públicos y ordenamiento territorial, encaminado por el “Departamento Nacional de Planeación”.

El “MGA” dentro de su flujo de registro de información cuenta con cuatro módulos de acuerdo con lo detallado por Chacón, et.al. (2020) adecuándose a lo establecido en (DNP, 2015).

Los capítulos que la conforman como son:

Tabla 5

Capitulos MGA

Identificación:	En este capítulo se hará uso de conceptos y herramientas provenientes de la Metodología de Marco Lógico, tal como la técnica de árboles de problemas y árboles de objetivos donde se aplican análisis causales que contribuyen a identificar posibles alternativas de solución.
Preparación	En este capítulo se aborda la preparación de la(s) alternativa(s) de solución identificada(s) mediante el registro de la información proveniente de diferentes estudios que permiten determinar todas aquellas variables que condicionan su ejecución, y que por tanto influyen en sus costos y beneficios.
Evaluación	Este capítulo evalúa la conveniencia de llevar a cabo o no una alternativa de solución, sobre la base que los recursos de inversión pública son escasos y que por tanto se debe procurar maximizar la riqueza social al momento de tomar una decisión frente a las diferentes posibilidades de asignarlos.

Programacion	<p>Este capítulo tiene como propósito determinar la forma de lograr el resultado del proyecto mediante la alternativa de inversión seleccionada, considerando entre otros los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none">• Los indicadores de producto y de gestión.• Las metas que se espera alcanzar y las fuentes de información tenidas en cuenta para realizar la verificación del progreso.• Las fuentes de financiación que se requieren para cubrir los costos y garantizar el cierre financiero según las competencias de las entidades a las que se solicitan dichos recursos.• Los supuestos o condiciones que se hace indispensable que ocurran para que se cumpla lo programado.
--------------	---

Fuente. Elaboración Propia. (2022)

La MGA se articula con el presente proyecto aplicado porque actualmente es la única herramienta utilizada por los gobiernos Nacional, Departamental y Municipal para la financiación de proyectos de inversión pública. A demás, porque se espera que el proyecto que se entregará al municipio de San José de Uré, se pueda presentar a cualquier ministerio, departamento administrativo, gobernación de Córdoba o al municipio para lograr el cierre financiero de este.

El desarrollo metodológico del presente del proyecto aplicado se hará de acuerdo con las siguientes fases:

Fase 1. Desarrollo del Objetivo 1

“Estructurar el proyecto y evaluar las alternativas de acuerdo con lo planteado en la metodología general ajustada – MGA”.

Para dar respuesta a este objetivo el presente trabajo se enfocará en desarrollar cada uno de los módulos que componen la MGA, de tal manera que podamos tener un documento metodológico que identifique las necesidades, problemáticas, los participantes, la población afectada y objetivo, el objetivo general y los objetivos específicos, así como las alternativas que se identifican para solucionar el problema.

Fase 1.1. Identificación

En el presente capítulo como su nombre lo indica se identifican aspectos importantes como la articulación con la política pública, el problema, sus causas y sus efectos, la población que está afectada y objetivo de intervención, los participantes que harán parte importante en el desarrollo del proyecto, el objetivo general y los objetivos específicos que dar solución al problema y las causas y por último las alternativas más adecuadas para la solución del problema. que se definen de la siguiente manera: planear, hacer, actuar y verificar” (Díaz, 2018).

Fase 1.2. Preparación

En la fase de preparación se analiza la necesidad que se aborda con el proyecto, se describen las alternativas identificadas en la fase I, se localiza en un espacio y lugar dichas alternativas con respecto a la población a beneficiar, se establece la cadena de valor, se cuantifican las actividades de acuerdo con lo que se tienen en el presupuesto del proyecto, se analizan los riesgos asociados al objetivo general, los productos y las actividades y por último se valoran y se cuantifican los ingresos o beneficios del proyecto.

Fase 1.3. Evaluación

En este módulo se realiza una evaluación ex ante del proyecto, tomando como base a los valores obtenidos en la cadena de valor y el costo de las actividades a través de los insumos (Mano de obra calificada, no calificada, materiales, transporte, maquinaria y equipos), así como los resultados obtenidos en la valoración y cuantificación de los ingresos o beneficios del proyecto.

Es así como con estos dos insumos (costos y los ingresos o beneficios) obtenidos en la fase de preparación se elabora en flujo de fondos y se obtienen los indicadores de evaluación económica como son: Valor Presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Relación costo beneficios y costo por beneficiario.

Fase 1.4. Programación

Esta fase se compone principalmente de los indicadores de producto los cuales miden el cumplimiento de los objetivos, los indicadores de gestión que miden el cumplimiento de las actividades, las fuentes de financiación del proyecto y por último la matriz de marco lógico.

Fase 2. Desarrollo del Objetivo 2.

“Elaborar los estudios técnicos y de factibilidad para la Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba”.

En esta fase 2 del proyecto aplicado se realizarán los estudios, diseños, memorias y documentos necesarios para darle un sustento técnico al desarrollo del proyecto aplicado, ya que estos son los que definen que tipo de alternativa es viable para dar solución al problema, que personal, equipos, insumos, actividades y productos son necesarios para lograr la alternativa, cuáles son los costos asociados. Por otro lado, estos estudios permiten tener claridad sobre si la

alternativa se puede realizar y sobre son la base sobre la cual se fundamenta el proceso de viabilización que debe realizar el DNP y Ministerio de Minas y Energía.

Estos son: Estudio de Suelos, Presupuesto y Análisis de precios unitarios, Memorias de Cálculo y Diseño Estructural, Memorias de Calculo y Diseño Eléctrico, Proceso Constructivo, Especificaciones Técnicas, entre otros.

Fase 3. Desarrollo del Objetivo 3.

“Realizar la evaluación financiera del proyecto de Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba”.

Es esta parte del proyecto aplicado se tomarán como referenciales elementos importantes como son los costos necesarios para lograr materializar la alternativa y a su vez los ingresos o beneficios que se obtendrán una vez el proyecto esté en ejecución.

Con los costos y los ingresos o beneficios se realiza en flujo de fondos, luego a partir de los datos consignados en dicho instrumento se procederá a calcular los indicadores económicos, de donde los resultados obtenidos permitirán evaluar financieramente el proyecto de tal manera que un inversionista o el estado pueda determinar si invierte en dicho proyecto y sobre todo si este ofrece mayores ingresos o beneficios a comparación de otro proyecto o alternativa.

Resultados del proyecto.

Resultados Objetivo 1: Evaluar las alternativas para la construcción de sistemas de energía fotovoltaica en la zona rural de San José de Ure, Córdoba de acuerdo con la metodología general ajustada – MGA.

Fase 1.1. Identificación

Definiendo la articulación del proyecto con la política pública.

PDD 2020-2023: "Ahora le Toca a Córdoba”:

Oportunidades, Bienestar y Seguridad" Ordenanza 09 de 2020.

Estrategia: Eje estratégico estructural 2. Oportunidad y Emprendimiento

Programa: Producción de energética sostenible en Córdoba.

Meta: Promover la producción de energía de energía eléctrica no convencional en el departamento de Córdoba.

PDM 2020-2023 "Uré más Incluyente, Más Solidario"

Línea Estratégica: Economía Sólida para el Desarrollo y la competitividad.7

Indicador: Cobertura de energía eléctrica rural.

Programa: Consolidación productiva del sector de energía eléctrica.

Producto: Redes domiciliarias de energía eléctrica instaladas.

Indicador de Producto: Viviendas en zonas rural conectadas a la red del sistema de distribución local de energía eléctrica.

Población objetivo.

La población del municipio de San José de Uré, según el DANE (Fuente: Censo Nacional de Población y Vivienda – 2020), es de **13.814 personas**, de las cuales **7.110** son hombres (51.46%) y **6.704** son mujeres (48.54%).

Tabla 6

Población 2021 basado en proyecciones DANE 2018

Proyecciones poblacionales Censo DANE 2018, para el 2020		
Total	Cabecera	Resto
13.814	5.242	8.572
100%	37,94%	62,06%

Fuente. Elaboración para el proyecto con base en Censo DANE 2018, proyección 2021.

En la siguiente tabla se presenta una proyección de los hogares que tiene el municipio en toda su jurisdicción, lo cual permite ubicar espacialmente donde se ubica la mayor parte de la población.

Tabla 7

Hogares 2021 basado en proyecciones DANE 2018

Área	Hogares	Personas
Urbana	972	5.242
Rural	1.372	8.572
Total	2.344	13.814

Fuente. Elaboración para el proyecto con base en Censo DANE 2018, proyección 2021.

Identificación de alternativas de solución.

Construcción de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica en la zona rural no Interconectada del Municipio de San José de Uré – Córdoba.

Construcción de redes de media y baja tensión -MT y BT- en la zona rural no Interconectada del Municipio de San José de Uré – Córdoba.

Fase 1.2. preparación del proyecto

Coberturas de Energía Eléctrica rural en San José de Uré – Córdoba

Según análisis realizado en el Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 La cobertura de Energía Eléctrica rural es del **67,23**. Es decir, que el **32,77%** de la población rural requiere de alternativas de solución para el acceso al servicio de energía eléctrica, para un total **453 viviendas**.

La oferta se calcula como el número de viviendas en la zona rural dispersa con acceso al servicio de energía eléctrica.

La demanda como el número total de viviendas en la zona rural dispersa que no tienen acceso al servicio de energía eléctrica.

Tabla 8*Estudio de Necesidades*

Año	Viviendas con cobertura	Vivienda zona rural		Déficit
2016	919	1372	-	453
2017	919	1372	-	453
2018	919	1372	-	453
2019	919	1372	-	453
2020	919	1372	-	453
2021	919	1372	-	453
2022	919	1372	-	453
2023	919	1372	-	453
2024	919	1372	-	453

Fuente. Elaboración para el proyecto con base en PMD 2020-2023; Número de viviendas *rurales* DANE 2018.

Descripción de la Alternativa seleccionada

La alternativa consiste en la instalación de 302 soluciones de energía solar fotovoltaica autónomas para viviendas de familias rurales de cinco (05) veredas y cinco (05) corregimientos con PROYECTO TIPO DNP.

Estas soluciones estarán conformadas por 2 módulos solares de 370 watt, con capacidad total de 740 WP y el sistema que comprende:

“Suministro e instalación de Módulos solares fotovoltaicos monocristalinos 740Wp (2 paneles de 370 W) cada uno con las siguientes características 18,8% +5% condiciones STC.

Garantía de producción a 12 años del 90% y del 80% a 25 años, temperatura de trabajo de -40°C a $+80^{\circ}\text{C}$, IEC61205. Certificación de Conformidad de Producto Internacional incluye acometida subterránea desde módulos hasta gabinete” (PROYECTO TIPO DNP, 2019).

“Suministro e instalación de estructura de soporte de paneles. Incluye poste galvanizado de 4", altura de 3m, incluye base en ángulo y cimentación en concreto con resistencia mínima de 21MPa”, (PROYECTO TIPO DNP, 2019).

“Suministro e instalación de Regulador de Carga, 40A/12/24V MPPT Solar, eficiencia mínima del 96%, debe ser apto para cargar baterías tipo LiFePO_4 ”, (PROYECTO TIPO DNP, 2019).

“Suministro e Instalación Batería de ión - litio tipo fosfato de hierro (LiFePO_4) de ciclo profundo de 120 Ah - 25,6 VDC -3.650 ciclos hasta el 80% DOD”, (PROYECTO TIPO DNP, 2019).

“Suministro, transporte e instalación de inversor tipo "off-grid" onda senoidal de onda pura, potencia de 1000 W, 24 VDC input - 120 VAC output, $f=60$ Hz, debe garantizar protección y desconexión por bajo voltaje en la batería, protección contra sobrecarga”, (PROYECTO TIPO DNP, 2019).

“Suministro e instalación de gabinete en lámina galvanizada, accesorios, conexiónado, cableado, canalización, fijación y protecciones eléctricas incluye DPS, para el alojamiento de equipos y accesorios, tipo interior. También comprende sistema de medición y gestión de energía con medidor prepago monofásico bifilar 5 (80) A, 120 V e instalaciones internas”, (PROYECTO TIPO DNP, 2019).

Además de un taller de capacitación para uso responsable de la energía y el sistema FVS.

El tiempo de Ejecución físico – financiera del proyecto será de DIEZ (10) meses.

Localización de la Alternativa

El proyecto se ubica en zona rural dispersa del municipio de San José de Uré – Córdoba, específicamente en las viviendas ubicadas en los siguientes corregimientos y veredas del Municipio:

Veredas: Pueblo Guapo, Alto Don Pio, El Brillante, Miami, Boca de Criticalina

Corregimientos: La Dorada, Versalles, Viera Abajo, La Cristalina, Brazo Izquierdo

Definición de la cadena de valor del proyecto.

Tabla 9

Cadena de Valor del Proyecto

Objetivo	Producto	Actividades
Incrementar los sistemas de provisión de energía en las viviendas de la zona rural	Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas	Realizar la implementación y puesta en funcionamiento de equipos para la operación fotovoltaica Instalar el sistema de medición y gestión de energía. Construir las instalaciones internas Realizar Interventoría a la ejecución del proyecto. Realizar Apoyo a la Supervisión

Realizar capacitaciones
(estrategia de apropiación con
beneficiarios)
Realizar Plan de Manejo
Ambiental

Fuente. Elaboración para el proyecto

Costeo de las alternativas seleccionada (Presupuesto).

Tabla 10

Costeo de la Alternativa del Proyecto

Producto	Actividades	Costo total MGA Incluye AUI
Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas	“Realizar la implementación y puesta en funcionamiento de equipos para la operación fotovoltaica”	801.895.221
	“Instalar el sistema de medición y gestión de energía”.	65.725.660
	Construir las instalaciones internas	45.131.195
	Realizar Interventoría a la ejecución del proyecto.	64.071.781
	Realizar Apoyo a la Supervisión	25.258.500
	Realizar capacitaciones (estrategia de apropiación con beneficiarios)	2.009.283
	Realizar replanteo de obra	2.559.084

Realizar Plan de Manejo Ambiental	25.000.000
Costo Total de la Inversión	1.031.650.724

Fuente. Elaboración para el proyecto

Proceso constructivo para instalación sistema fotovoltaicos proyecto

Para garantizar de que se puedan aumentar las alternativas de provisión de energía eléctrica, se deberán realizar las acciones que se plantean a continuación:

Localización y Replanteo

La localización y replanteo, es la principal actividad antes de comenzar la actividad. ya que en esta se comprueban medidas, sitios de instalación y soportes para diferentes tipos de equipos.

Tubería Eléctrica Para Acometida

La localización y replanteo, nos permite establecer el sitio exacto de la acometida principal que lleva la energía al interior. El diámetro de la tubería depende de la carga eléctrica que se genera, Aunque como norma eléctrica se instala un mínimo de Diámetro de 1” en material Conduit metálico.

Excavación Para Tuberías Eléctricas

De acuerdo con la necesidad de cada proyecto. se necesitan hacer excavaciones para tubería subterránea para llevar los circuitos eléctricos desde el tablero de distribución hasta cada salida final. Como vemos en las instituciones educativas existe separación entre salones, comedores, baños etc.

Se instalará entonces de forma subterránea tubería PVC de acuerdo con el diámetro de tubería expresado en cada plano, en Zanja de 30 cm de profundidad y de ancho de acuerdo al diámetro de la tubería o banco de tubos.

Instalación de Tuberías a la vista

Se realiza la instalación de la tubería eléctrica para los casos donde no se pueden empotrar, esta tubería se instala de acuerdo con el circuito eléctrico que corresponda, se instalará tubería eléctrica Metálica tipo EMT de acuerdo con el diámetro especificado en planos.

Instalación de Tuberías empotradas

Se realiza la instalación de la tubería eléctrica empotrada. esta tubería se instala de acuerdo con el circuito eléctrico que corresponda, se instalará tubería eléctrica PVC de acuerdo con el diámetro especificado en planos.

Tablero de Distribución en Baja Tensión

Se instalará en el cuarto técnico descrito según planos de distribución. Este Conecta la energía proveniente de los paneles solares convertida a energía de corriente alterna para luego ser distribuida por circuitos de forma organizada y protegida por breakers magnéticos y de sobre corriente. Inicialmente se empotra o se deja a la vista según la posibilidad en sitio. Así mismo se deja la tubería eléctrica para entrada y salida de circuitos.

Instalación de cajas metálicas

De acuerdo con los circuitos eléctricos correspondientes para cada salida eléctrica, se instalan las cajas metálicas, según norma Retie. Caja 2x4 para salidas de interruptores y tomacorrientes. Caja 4x4 para salida de alumbrado. Instalación de Cableado y Empalmes eléctricos. El sistema eléctrico descrito para el sistema eléctrico de distribución en baja tensión

es un sistema monofásico. El cableado especificado es cable libre de halógenos por lo que se deberá seguir el código de colores.

El cableado dispuesto conecta las salidas finales de energía con el Punto de salida desde el tablero de distribución. Los empalmes necesarios serán realizados de acuerdo con las normas eléctricas y a los circuitos que se deseen conectar.

Instalación de Aparatos Eléctricos

Se instalan lámparas, Tomacorrientes, Interruptores para dar por terminado las instalaciones interiores del complejo.

Instalación de Estructura

De acuerdo con el tipo de cubierta existente sobre la que se va a instalar el sistema de celdas, (Ver Esquemas de instalación celdas. Plano adjunto). Para el caso de Riel Channel se realiza la medida del techo y la cantidad de celdas, para luego ajustar el corte base por dos lados iguales. El riel channel perforado puede ser ajustado mediante tuercas y tornillos a la estructura o cubierta. Se tendrá especial cuidado con la inclinación final, ya que cada proyecto presenta su documento simulación el cual destaca la inclinación necesaria final que debe tener la estructura para que los paneles funcionen adecuadamente a la simulación.

Instalación de Panel o Celdas Solares

Las celdas solares flexibles (línea Maxeon) vienen Provistas de agujeros en sus extremos para facilitar la instalación sobre cualquier tipo de estructura. En este caso el riel channel también coincide con agujeros los cuales pueden compartir tornillos y tuercas de la misma cubierta. De acuerdo al cálculo de cantidad de paneles solares y a las características de conexiones generadas en el cálculo adjunto generador del sistema SFV Adjunto se instalarán cadenas en serie y paralelo mediante cables descritos en especificaciones.

Instalación Tablero Controlador de Carga

Luego de la instalación de los Paneles o celdas se procede a instalar el controlador de carga. Este dispositivo se encarga de regular la corriente directa procedente de las celdas solares. el controlador comúnmente viene dentro de un tablero o cofre.

Instalación Banco de Baterías

De acuerdo con el cálculo eléctrico y la simulación del generador se obtienen la cantidad de baterías requeridas del sistema. las baterías serán ajustadas y conectadas en serie o paralelo de acuerdo con el documento simulación de cada proyecto. Al igual que todos los equipos electrónicos se instalan en el cuarto designado como cuarto de equipos.

Instalación del Inversor

El equipo inversor es otro de los elementos electrónicos que componen el sistema FTV. es el encargado de invertir la energía generada a energía de uso final. Se instala sobre cofre en el cuarto designado como cuarto de equipos.

Conexiones eléctricas

Entre los componentes eléctricos Baterías, Inversor, controlador etc, se realizan las conexiones eléctricas mediante cables de cobre aislados según Norma Retie. Todas las conexiones mediante bornes y conectores certificados.

Pruebas Del Sistema

Después de la conexión e instalación de los anteriores equipos se pondrá en funcionamiento del sistema. Como inicio de carga se dejarán en carga las baterías sin consumo final como mismo 24 hr. Como factor de seguridad el tablero de distribución permanecerá con

los breakers en posición Off durante este periodo. Después se pondrán en On los breakers para iniciarle flujo de corriente hacia las salidas finales. Probar salidas de energía, funcionamiento de las lámparas y voltaje de salida para la conexión de equipos finales. el voltaje de salida deberá estar más o menos 120v por encima o debajo de 5 %.

Cuantificación y valoración de ingresos y beneficios.

El beneficio y el ingreso calculados para el presente proyecto son “Ahorro en costos ambientales por reducción de la generación de CO₂ por quema de combustibles fósiles: la cantidad corresponde a toneladas de CO₂ y el valor a la compensación por quema de combustible” y “Venta de energía eléctrica (kWh): La cantidad corresponde a los kilovatios/hora de energía eléctrica vendidos en un año; el valor unitario corresponde al costo del kWh de energía eléctrica vendido”.

Beneficio: “Ahorro en costos ambientales por reducción de la generación de CO₂ por quema de combustibles fósiles: la cantidad corresponde a toneladas de CO₂ y el valor a la compensación por quema de combustible”, (PROYECTOS TIPO DNP, 2019).

Para calcular el beneficio “**Ahorro en costos ambientales por reducción de la generación de CO₂**”, El DNP a través de la estructuración del **Proyecto Tipo de Paneles Solares**, realizó un estudio sobre los costos ambientales por reducción de la generación de CO₂ por quema de combustibles fósiles para el año 2020, lo que arrojó que el promedio de \$ **106.300,00**. Posteriormente se multiplicó este valor por el número de toneladas de CO₂ que se producen a diario en los Hogares objeto de intervención, según lo observado se puede establecer un aproximado de **1.450** toneladas anuales. Por último, el valor total del beneficio por año de \$ **154.135.000,00**, lo cual se proyectó a 10 años para lo cual tenemos que el valor total del beneficio es de \$ **1.541.350.000,00**.

Ingreso: “Venta de energía eléctrica (kWh): La cantidad corresponde a los kilovatios/hora de energía eléctrica vendidos en un año; el valor unitario corresponde al costo del kWh de energía eléctrica vendido” (PROYECTOS TIPO DNP, 2019).

Para calcular el beneficio “**Venta de energía eléctrica (kWh): La cantidad corresponde a los kilovatios/hora de energía eléctrica vendidos en un año; el valor unitario corresponde al costo del kWh de energía eléctrica vendido**”, El Departamento Nacional de Planeación y el Ministerio de Minas y Energía a través de la estructuración del **Proyecto Tipo de Paneles Solares**, realizó un estudio sobre los costos de Venta de energía eléctrica (kWh) para el año 2020, lo que arrojó que el promedio de \$ **2.568,00**. Posteriormente se multiplicó este valor por a los kilovatios/hora de energía eléctrica vendidos en los Hogares objeto de intervención, un aproximado de **51.729,00** kilovatios/horas anuales. Por último, el valor total del beneficio por año de \$ **132.840.072,00**, lo cual se proyectó a 10 años para lo cual tenemos que el valor total del beneficio es de \$ **1.328.400.720,00**.

FASE 1.3. Evaluación del proyecto.

Evaluación Social.

La posibilidad de que un proyecto pueda llegar a impactar de forma negativa o positiva las condiciones sociales y demográficas de una población específica se puede evaluar o medir mediante un proceso de denominado “evaluación social”. La identificación y valoración de los parámetros mediante los cuales se va a evaluar un proyecto determinado cambia dependiendo del tipo de proyecto, de la localización, de la población y la intervención a realizar. La evaluación social debe propender por buscar los elementos y parámetros necesarios que permita precisar como este va a mejorar las condiciones de vida de esa población, así las cosas, generación de un

lucro (rentabilidad financiera) queda en un segundo plano y lo primordial es el propósito o fin social por el que fue concebido el proyecto.

De acuerdo con lo anterior, podemos precisar que desde el punto de vista de evaluación social algunas variables que se debe tener en cuenta son:

Números de empleos generados para la población involucrada.

Capacidad del proyecto para transformar las condiciones negativas que está generando el problema.

Los métodos para determinar la evaluación social son los determinados por el beneficio y el costo social. Para la determinación de los costos y beneficios pertinentes, la evaluación social definirá la situación de la comunidad “CON” versus “SIN” la ejecución del proyecto.

Se realizará a partir del Método relación “Costo-Beneficio” donde se calcula el Valor Presente Neto, teniendo como base el flujo económico del proyecto en base a precios sociales y tomando en consideración la naturaleza de los impuestos y los subsidios, las externalidades y los impactos indirectos. Para su cálculo se utiliza la TASA SOCIAL DE DESCUENTO que entrega Departamento Nacional de Planeación la cual actualmente está en el 9%.

Evaluación Ambiental.

Con respecto a la valuación ambiental podemos decir que esta tiene que ver sobre como el proyecto va a afectar de forma negativa o positiva el medio ambiente cuando esté en ejecución.

Matriz de Evaluación Social y Ambiental del Proyecto.

La Matriz de evaluación de los impactos ambientales y sociales del proyecto, fue construida a partir del modelo “**matriz de Leopold**”, que incorpora el procedimiento para la identificación de los impactos y su respectiva evaluación ambiental y social de un proyecto.

Evaluación de los impactos ambientales del proyecto

A partir de la identificación y categorizados de los impactos ambientales y sociales del proyecto, se debe pasar a la etapa de evaluación, en donde se asigna una valoración a los impactos con los siguientes criterios:

Tabla 11

Valoración de los impactos ambientales del proyecto

CRITERIO	VALORACIÓN
TIPO DE IMPACTO	4 para impactos negativos y -4 para impactos positivos
	0 cuando el aspecto no se presenta
	1 cuando la actividad es anual.
FRECUENCIA	2 cuando la actividad es mensual.
	3 cuando la actividad es semanal.
	4 cuando la actividad es diaria.
	1 reducida, afecta solamente el área.
EXTENSIÓN	2 área más amplia, afecta áreas cercanas.
	4 Fuera de las instalaciones, afecta áreas fuera de las instalaciones.

LEGISLACION	0 no Aplica.
APLICABLE	1 Aplica y cumpro.
	4 Aplica y no cumpro.
AFECTACIÓN	Valoración de acuerdo con el nivel de afectación así: 0, 2, 4
TOTAL	Sumatoria de valoración

Fuente. Elaboración propia basada en el modelo “matriz de Leopold”

Como resultado de la anterior valoración a cada uno de los impactos se obtuvo el nivel de significancia, clasificada con los siguientes colores de acuerdo con los resultados obtenidos así:

Color Verde: 1 a 14 (Buen desempeño ambiental o social)

Color Rojo: 15 a 31 (área crítica, deficiente desempeño ambiental o social)

Puntos de control

Una vez establecida la valoración de los impactos, el nivel de valoración y determinada su clasificación se determinó el control operacional que debe ser implementado para cada uno de los componentes y tipos de impactos identificados en el ejercicio de evaluación de los impactos ambientales y sociales del proyecto.

Figura 4

Matriz de evaluación de impactos ambientales y sociales del proyecto

ITEM	Componente	Recurso	DESCRIPCIÓN ASPECTO AMBIENTAL/SOCIAL	TIPO DE OPERACION			CRITERIO						NIVEL DE SIGNIFICANCIA	CONTROL OPERACIONAL	
				ANORMAL	NORMAL	SITUACIÓN DE EMERGENCIAS	TIPO DE IMPACTO AMBIENTAL	FRECUENCIA	EXTENSIÓN	LEGISLACION APLICABLE	AFECCIÓN	TOTAL			
1		Suelo	Disposición inadecuada de escombros y otros residuos	X			Contaminación de los suelos	4	3	3	3	4	17	SIGNIFICATIVO	Establecer sitios para disposición adecuada de escombros y otros residuos
2	Físico				X		Alteración del paisaje	4	2	2	1	2	11	NO SIGNIFICATIVO	Establecer sitios para disposición adecuada de escombros y otros residuos
3		Aire	Deterioro de calidad del aire		X		Contaminación por ruido y material particulado	2	2	3	0	3	10	NO SIGNIFICATIVO	Disminuir emisiones por fuentes móviles y fijas de material particulado
4	Bióticos	Cobertura vegetal	Pérdida de la cobertura vegetal	x			Afectación conectividad y biodiversidad	4	2	2	1	2	11	NO SIGNIFICATIVO	Controlar actividades urbanísticas y productivas, introducir especies forestales exóticas
5			Deficiencias en la gobernabilidad del territorio		X		Ocupación desordenada del territorio	4	2	1	1	0	8	NO SIGNIFICATIVO	Definir modelo de ocupación del territorio
6					X		Insatisfacción y pérdida de credibilidad	4	3	3	3	3	16	SIGNIFICATIVO	Establecer programas sociales e incrementar la presencia institucional
7	Social	Social			X		Contaminación auditiva	4	2	4	0	3	13	NO SIGNIFICATIVO	Establecer POT acorde a las necesidades de la población
8			Población		X		Generación de residuos	4	2	4	0	3	13	NO SIGNIFICATIVO	Establecer POT acorde a las necesidades de la población
9					X		Movilidad	4	3	4	2	4	17	SIGNIFICATIVO	Establecer POT acorde a las necesidades de la población

Fuente. Elaboración propia basada en el modelo “matriz de Leopold”

Síntesis de los Resultados objetivo 1

Los resultados del del presente objetivo se pueden apreciar en el desarrollo de cada una de las fases descritas en el desarrollo metodológicos del proyecto aplicado, las cuales consisten los cuatro módulos que tiene la Metodología General Ajustada (Identificación, Preparación, Evaluación y Programación).

Módulo de Identificación

En la identificación del proyecto se obtuvo como resultados lo siguientes:

El programa del plan de desarrollo del municipio para el periodo 2020-2023 con el cual se articula el proyecto es “Consolidación productiva del sector de energía eléctrica”.

El problema central del proyecto y que afecta a la población rural del municipio es “Limitado acceso al servicio de energía eléctrica en la zona rural de la entidad territorial” y este a su vez está siendo generado por una causa principal que es “Deficientes sistemas de provisión de energía en las viviendas de la zona rural”

La población total del municipio es de **13.814 personas**, de las cuales **7.110** son hombres (51.46%) y **6.704** son mujeres (48.54%), distribuidas en **2.344** hogares.

La alternativa elegida para dar solución al problema que tiene la población es realizar la “construcción de Sistemas de Energía Solar Fotovoltaica en la zona rural no Interconectada del Municipio de San José de Uré – Córdoba”.

Módulo de Preparación

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del módulo de preparación son los siguientes:

Luego de realizar un análisis de necesidades de acuerdo con la alternativa escogida se estableció que la necesidad total es de 453 hogares sin acceso al servicio de energía en la zona rural dispersa.

La intervención que se proyecta realizar para disminuir la necesidad que se identificó consiste en la instalación de **302 soluciones** de energía solar fotovoltaica autónomas para viviendas de familias rurales de cinco (05) veredas y cinco (05) corregimientos del municipio.

Luego de determinar el costo de los insumos, equipos, personal, transporte de cada una de las actividades necesarias para llevar a cabo la alternativa planteada se pudo establecer que el costo total para llevar soluciones a 302 hogares es de 1.031.650.724.

Después de haber valorado y cuantificado los beneficios que se generarían con el proyecto en la población objetivos, se tiene que los resultados son:

Beneficio 1: \$ 1.541.350.000,00

Beneficio 2: \$ 1.328.400.720,00

Módulo de Evaluación

Para el caso de los resultados obtenidos en el módulo de Evaluación tenemos los siguientes.

Evaluación Financiera

El Valor presente Neto dio como resultado 579.579.122

La tasa interna de retorno es de 21,33 %.

La relación costo beneficio es de 2.78.

Evaluación social

Para el caso de este tipo de evaluación se escoge el indicador de relación costo por beneficiario, donde se obtuvo como resultado un total de es **\$3.799.783**.

Módulo de Programación

Con respecto a los resultados del módulo de programación se tiene lo siguientes:

Indicadores de producto

Indicador: Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas

Medido a través de: Número de unidades

Meta total: 302

Indicadores de gestión

Indicador: Informes de Interventoría Realizados

Medido a través de: Número

Meta total: 7

Programa presupuestal

2102 - Consolidación productiva del sector de energía eléctrica

Fuente de Financiación

Tabla 2

Fuentes de Financiación

Etapa	Entidad	Tipo de Entidad	Periodo	Valor
Inversión	San José de Uré	Municipio	0	1.031.650.724,00

Fuente. Elaboración Propia.

Resultados Objetivo 2: Elaborar los estudios técnicos y de factibilidad para la Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba

Los estudios, diseños, memorias y documentos necesarios fueron elaborados cumpliendo los requerimientos del Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Minas y Energía y con estricto apego a los lineamientos del Proyecto Tipo de Paneles Solares. Así las cosas, los documentos elaborados son los siguientes:

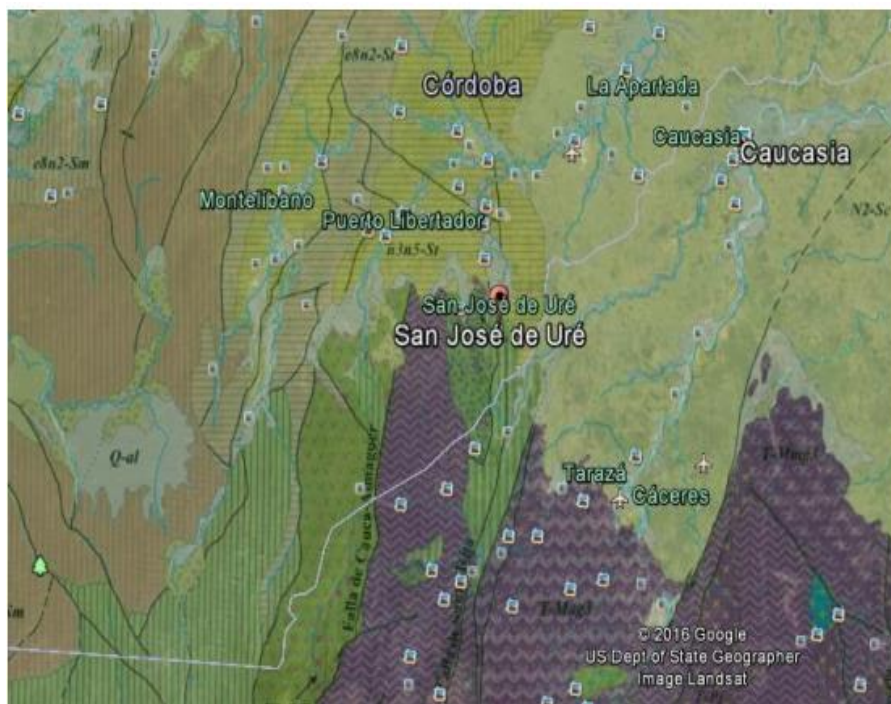
Estudio de suelos.

El presente estudio tiene el objetivo de conocer la calidad del y condiciones de los suelos, con adecuadas características tanto estructurales como funcionales que permitan un buen desarrollo de las actividades para la instalación de los paneles fotovoltaicos de la manera más rápida, económica, cómoda y segura.

Contiene las principales características de los suelos del municipio de San José de Uré, las cuales fueron calculadas con base en trabajos de laboratorio y de campo, realizados para conocer las propiedades y características geomecánicas de los suelos presentes en este sector

Figura 5

Mapa Geológico de San José de Uré, Córdoba



Fuente. Elaboración para el proyecto a partir de Google Eart.

Geología local

Se realizó una sectorización geológica de la zona a intervenir, basados en los cambios morfológicos y litológicos que se presentan, reconociendo la presencia de rocas del Neógeno y rocas del Cretáceo. Las rocas del Neógeno hacen parte de la Formación Corpa (Ngmpco), aflora la Formación Cansona (Ksc). Las dos unidades se encuentran recubiertas en algunos sectores por depósitos Cuaternarios de origen coluvial y aluvial.

Ensayo de Laboratorio.

Sobre las muestras obtenidas se tomaron las más representativas para la clasificación por el sistema Unificado y también con ellas se determinaron las características de resistencia mecánica del suelo, mediante la ejecución de los siguientes ensayos de laboratorio:

Tamizado mecánico.

Límites líquido y plástico.

Lavado por tamiz No. 200

Penetración de CBR

Tipo de Suelo

Muestra: El perfil estratigráfico nos muestra un material tipo relleno granular, en el primer estrato es decir a unos máximos 50 cms y en una profundidad un poco mayor entre 50 y 100 cms un depósito de limo arcilloso y en algunos sitios con presencia de arcilla en proporciones medias de color rojizo.

Para determinar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante a lo largo del corredor, se efectuaron ensayos de CBR inalterados mediante la toma in-situ de muestras en moldes de 6" de diámetro para la posterior realización en el laboratorio del ensayo de penetración. La penetración de las muestras tomadas en los moldes se realizó bajo las condiciones de humedad y densidad naturales del suelo en el terreno y en condición de inmersión.

Para este proyecto se efectuaron 3 ensayos de CBR inalterado en condición sumergida los que finalmente se tendrán en cuenta para el cálculo del CBR de diseño, teniendo en cuenta la pluviosidad de la zona.

Tabla 13*Resultados CBR*

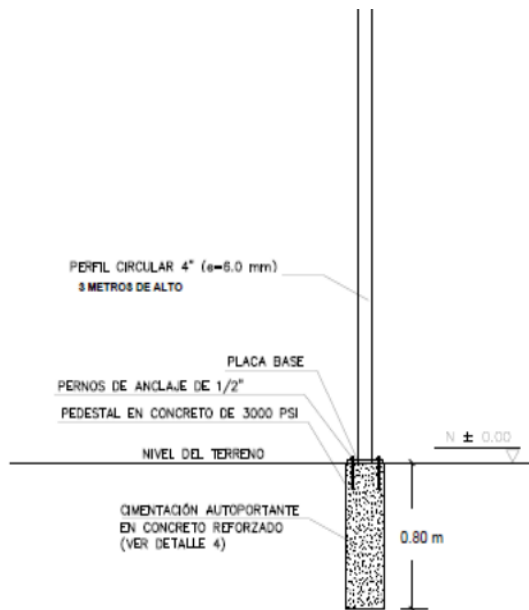
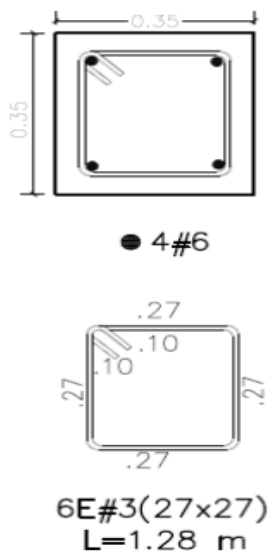
APIQUE NRO.	CBR (%)	
	ANTES DE LA INMERSIÓN	DESPUÉS DE LA INMERSIÓN
1	6.0	3.6
2	7.8	4.0
3	8.8	3.3

Fuente. Elaboración Propia**Análisis Geotécnico de los Resultados**

El tipo de cimentación propuesta para el desarrollo del proyecto corresponde a una cimentación superficial, debido a las condiciones geológicas de los suelos este diseño se adecua perfectamente a las condiciones que se requieren para la instalación de los sistemas fotovoltaicos y la carga que se tiene es óptima para el tipo de suelo.

Para la selección del tipo de cimentación se tuvo en cuenta las cargas que transmite el suelo, el peso del panel y la estructura que lo soporta, según el diseño eléctrico la estructura de soporte experimentará una carga total de 45,5 N, lo cual corresponden a aproximadamente 30 kg incluyendo el soporte de los paneles. Para el desarrollo de la obra, se proyecta realizar la cimentación sobre el terreno natural a nivel 0+00, lo cual permite una proyección de la cimentación adecuada para las cargas evaluadas. Las dimensiones establecidas para la cimentación son de 35*35*80 cm.

A continuación, se detalle los diseños para la cimentación

Figura 6*Vista en Corte**Fuente. Elaboración Propia.***Figura 7***Detalle sección transversal**Fuente. Elaboración Propia.*

Conclusiones y Recomendación del Estudio de Suelo

Inspeccionar material granular remanente, perfilarlo y recomprimirlo.

Las condiciones del suelo son aptas para el desarrollo del proyecto, pues la capacidad de soporte permite identificar excelentes condiciones para la implementación del proyecto, se obtuvo en las muestras un CBR mayor a 3%

Presupuesto y análisis de precios unitarios.

El presupuesto del proyecto se hizo mediante el análisis de precios unitarios APUS, “es el examen detallado que se hace a una unidad de obra con la finalidad de conocer por separado, sus características constructivas y los elementos de costos que lo componen para sacar conclusiones y establecer su precio previo a la construcción y demostrar lógicamente su valor monetario. El procedimiento se realiza conforme a las condiciones del contrato, los planos y especificaciones técnicas del proyecto y a las condiciones propias de la obra a construir”.

Para la obtención del valor del precio unitario que se utilizará para obtener el valor de la actividad al multiplicar este precio por la cantidad, se determina a partir del análisis de la mano de obra tanto calificada como no calificada, los materiales, el transporte y los equipos que se necesitan para llevar a cabo la actividad.

Posteriormente se tiene que el conjunto de todos los valores unitarios y totales de las actividades nos dan el costo directo, lo cual se debe someter a unos costos indirectos (Administración, Imprevisto y Utilidades - A.I.U.), estos pueden variar dependiendo de la zona en la cual se ejecute el proyecto, por ejemplo, se tiene que existen A.I.U. que pueden alcanzar el **35%** en zonas remotas y en zonas con mejor accesibilidad puede alcanzar el 25% o menos.

El costo del proyecto que se plantea en el presente trabajo es el siguiente:

Tabla 12*Costeo de la Alternativa del Proyecto*

Producto	Actividades	Costo total MGA Incluye AUI
	“Realizar la implementación y puesta en funcionamiento de equipos para la operación fotovoltaica”	801.895.221
	“Instalar el sistema de medición y gestión de energía”.	65.725.660
Unidades de generación fotovoltaica de energía eléctrica instaladas	Construir las instalaciones internas	45.131.195
	Realizar Interventoría a la ejecución del proyecto.	64.071.781
	Realizar Apoyo a la Supervisión	25.258.500
	Realizar capacitaciones (estrategia de apropiación con beneficiarios)	2.009.283
	Realizar replanteo de obra	2.559.084
	Realizar Plan de Manejo Ambiental	25.000.000
Costo Total de la Inversión		1.031.650.724

Fuente. Elaboración para el proyecto

Memorias de cálculo y diseño estructural.

La estructura está destinada para el montaje de dos paneles solares, con dimensiones aproximadas por panel de 1810 mm x 920 mm x 20 mm, con un peso por los dos paneles de 22 kilogramos y la estructura del panel 8 kilogramos, para un total de 30 kilogramos aproximadamente, el sistema estructural será en perfilería metálica de acero estructural compuesto de una columna amarradas por medio de vigas encargadas de soportar los paneles y viguetas apoyadas sobre las mismas vigas.

Las presentes memorias de cálculo contienen toda la información pertinente para el diseño estructural de la estructura destinada para el montaje de dos paneles solares, los cuales se construirán en San José de Ure, Córdoba; el diseño estructural está basado en el estudio técnico de suelos realizado en el municipio para este tipo de proyectos.

Normatividad

El presente diseño está basado en el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.

Para la realizar el análisis estructural y el respecto diseño se tuvieron en cuenta los siguientes materiales:

Acero de Refuerzo.

$F_y = 420 \text{ Mpa.}$

$E_s = 200000 \text{ Mpa.}$

3.2. Concreto Reforzado.

Cimentación:

$f'_c = 21 \text{ Mpa.}$

$$E_c = 4700 * \sqrt{21} = 21538 \text{ Mpa.}$$

Acero estructural

Grado = 50 (350 MPa)

Tabla 13

Propiedades mecánicas del acero estructural

PROPIEDADES MECANICAS REQUERIDAS POR ASTM A-500 GRADO C		
ESFUERZOS	REDONDOS	CUADRADOS Y RECTANGULARES
<i>Fluencia F_y</i>	<i>3,241 kg/cm²</i>	<i>3,522 kg/cm²</i>
<i>Ultimo F_u</i>	<i>4,348 kg/cm²</i>	<i>4,368 kg/cm²</i>
<i>Elongación en 2"</i>	<i>21%</i>	<i>21%</i>

Fuente. (Rodriguez, 2022).

Avaluó de Cargas

Para el avaluó de cargas realizado en el presente diseño se tomó en cuenta las recomendaciones mínimas de la NSR-10, capítulo B, en las cuales se avaluaron cargas permanentes (peso propio de la estructura) y cargas permanentes sobre impuestas y para cargas vivas se siguió la recomendación establecida por el reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10.

Tabla 14*Cargas usadas para el diseño estructural*

Cuadro de Cargas Muertas		
Entrepiso	kN/m	N
Paneles		45.5
Tubo 4" Rectangular (4 mm espesor de pared)	0.106	
Tubo 4" * 2" Redondo (4 mm espesor de pared)	0.084	
Tubo 2" * 1" Rectangular (2.5 mm espesor de pared)	0.028	

Fuente. (Obregón, 2020)**Sistema de Cimentación**

Según las cargas por columnas el nivel de cimentación que se obtengan del análisis estructural se sugiere emplear cimentación auto soportada con placa base.

Diseño de pedestal en concreto

Se diseñó para sollicitación dada por la capacidad máxima del suelo definida como el esfuerzo admisible según presión de contacto que debe ser menor a 8.30 ton/m² multiplicado por los respectivos factores de mayoración según título B de la NSR-10 actuando como una carga distribuida actuado desde el borde de la columna sobre una placa trabajando en una dirección.

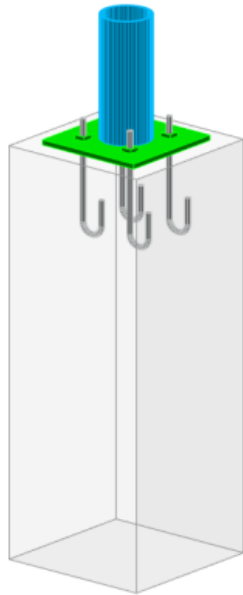
Diseño de conexión y placa base

El diseño de la conexión se realizó basado en Eurocode 3: EN 1993-1-8:2005/AC:2009+ CEB Design, en el software, Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021, realizando la revisión por control de resistencia en la unión, cizallamiento en los pernos y revisión de la

soldadura y el perfil o pilar y la platina base, a continuación, se muestran los cálculos detallados del diseño estructural

Figura 8

Cimentación de la estructura de soporte del panel solar



Fuente. (Obregón, 2020)

Conclusiones del Diseño Estructural

La estructura cumple con las exigencias de carga impuestas, por lo tanto, su desempeño será el adecuado para las situaciones establecidas, todos los detalles y especificaciones de diseño están implantados en los planos estructurales adjuntos a este informe.

Es muy importante la aplicar un buen proceso constructivo pues la estructura se comporta como se construye no como se diseña por lo tanto el control desde el diseño, construcción y entrega son factores muy relevantes en cuanto a la calidad de los procesos, por lo tanto, los planos es un buen comienzo para el cumplimiento del diseño y así deberá ser construido

Se recomienda siempre mantener una copia de los planos estructurales en obra y seguir las indicaciones de estos.

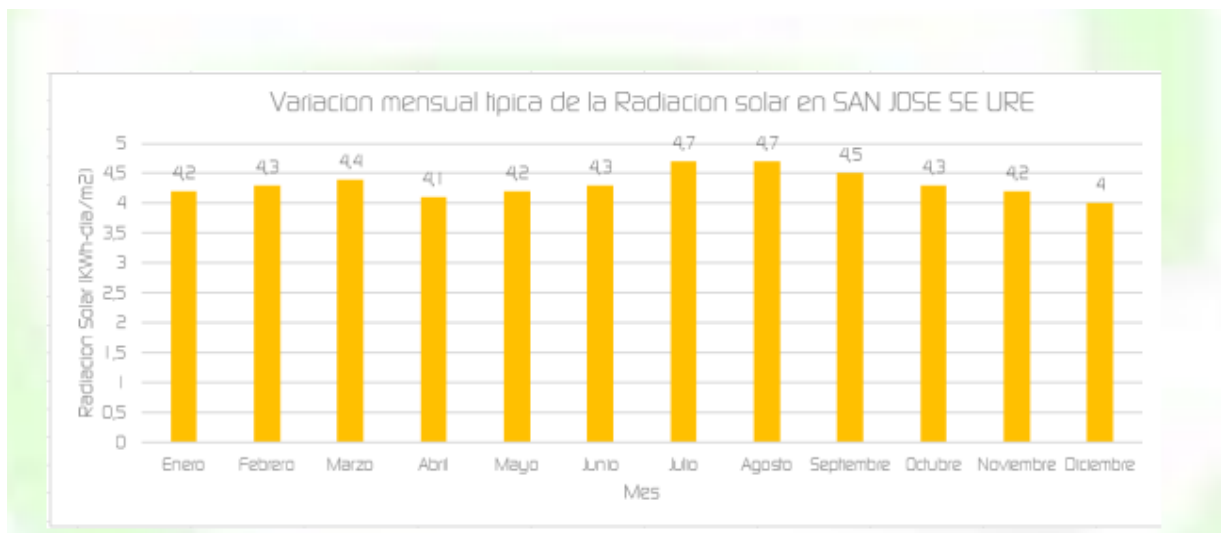
Memorias de cálculo y diseño eléctrico.

Evaluación del Potencial Solar en San José de Uré

“El potencial fotovoltaico, es un parámetro que nos indica cuanta energía solar fotovoltaica podemos generar en función de la radiación solar disponible en la zona geográfica, las dimensiones, capacidad y la eficiencia de los paneles que se van a instalar” (Pinzón, 2020). Por lo anterior es de suma importancia tener de fuente fiable, la información acerca de la radiación solar de san José de ure ubicado a 7.773° de latitud Norte y -75.533° de longitud Oeste y la ficha técnica de los paneles solares.

Figura 9

Radiación solar en san José de ure



Fuente. (Pinzón Vives, 2020)

La radiación solar como parámetro, nos expresa la cantidad de energía (KWh) incidente del sol por unidad de área (m²) al día. La variación mensual de los valores responde a los

cambios en la ubicación relativa de san José de ure con relación al sol producto del movimiento planetario.

Para calcular el potencial fotovoltaico usamos la siguiente expresión:

$$U_{pv} = \frac{R_s}{A_p} * E_p * P_t$$

Donde

U_{pv} = Potencial Fotovoltaico

R_s = Radiación Solar (KWh-dia/m2)

A_p = Área de Panel (m2)

E_p = Eficiencia del panel (%)

P_t = Perdidas por temperatura (%). Para estos cálculos utilizamos valor típico de 15%

Aplicando esta expresión en los valores de radiación solar típica ´para cada uno de los meses, obtenemos los valores de potencial fotovoltaico según la ilustración 9, para tres tipos de paneles solares disponibles en el mercado.

Figura 10

Valores de potencial fotovoltaico mensual para tres tipos de paneles solares

Tipo de Panel	Material	Policristalino		Monocristalino
	Eficiencia	17,21%	17,52%	19,84%
	Numero de celdas	60	72	72
	Area Util (mcl)	1,55	1,87	1,87
Potencia Nominal (Wp)		280	340	385
Mes	Radiación Solar (KWh-dia/mcl)	Potencial Fotovoltaico (KWh/KWp)	Potencial Fotovoltaico (KWh/KWp)	Potencial Fotovoltaico (KWh/KWp)
Enero	4,2	3,41	3,44	3,44
Febrero	4,3	3,49	3,53	3,53
Marzo	4,4	3,58	3,61	3,61
Abril	4,1	3,33	3,36	3,36
Mayo	4,2	3,41	3,44	3,44
Junio	4,3	3,49	3,53	3,53
Julio	4,7	3,82	3,85	3,85
Agosto	4,7	3,82	3,85	3,85
Septiembre	4,5	3,66	3,69	3,69
Octubre	4,3	3,49	3,53	3,53
Noviembre	4,2	3,41	3,44	3,44
Diciembre	4	3,25	3,28	3,28
Maximo	4,7	3,82	3,85	3,85
Minimo	4	3,25	3,28	3,28

Fuente. (Pinzón Vives, 2020)

Según la figura 10, el mes de mayor potencial es julio y agosto (resaltado en amarillo) y el de menor potencial es diciembre (resaltado en verde). También podemos decir que los valores de potencial para los paneles solares de 72 celdas son ligeramente mayores a los de 60 Celdas.

Orientación e inclinación del campo solar

La inclinación óptima de los paneles es de 10° por debajo del valor de la latitud a la que se encuentran, hasta llegar a latitudes de 10° y menos (zonas tropicales), en las que la ubicación de los paneles solares será totalmente horizontal. La ubicación geográfica de san José de ure, es de 7.773° por lo que los paneles solares no tendrán inclinación alguna y la estructura de soporte deberá garantizar un emplazamiento horizontal.

Aunque siguiendo los requerimientos del documento metodológico, debemos darle una inclinación de 10° , para autolimpieza.

Campo Solar

Para el cálculo de la potencia del campo solar, se debe tener en cuenta, la energía diaria demandada por la vivienda. La energía demandada por la vivienda, la encontramos expresada en, en la tabla 13.

Tabla 17*Cargas tipo.*

CARGAS TIPO					
Equipo	Potencia Equipo (Vatios)	Cantidad de Equipos	Potencia Total Nominal (Vatios)	Horas Diarias de Uso	Subtotal Energía Diaria
Lámpara LED	9	4	36	5,0	180
Licudadora	450	1	450	0,1	45
Nevera	70	1	70	8,0	560
Toma Multiproposito	30	2	60	2,0	120
Radio AM/FM	25	1	25	4,0	100
TV Led	70	1	70	4,0	280
Cargador Celular	5	1	5	4,0	20
Potencia Simultánea de Equipos			716	w-h/día	1.305
					Kw-h/Mes
					40

Fuente. (Pinzón Vives, 2020)**Conclusiones del Diseño Eléctrico**

Para el diseño del campo solar, utilizamos el método de cálculo del potencial solar, donde se tienen en cuenta no solo el parámetro de radiación solar, sino también se introduce el valor de la eficiencia y las dimensiones de las tecnologías actuales de los paneles a emplear. Esto nos permitió evaluar de manera muy aproximada los panoramas de más bajo potencial de generación

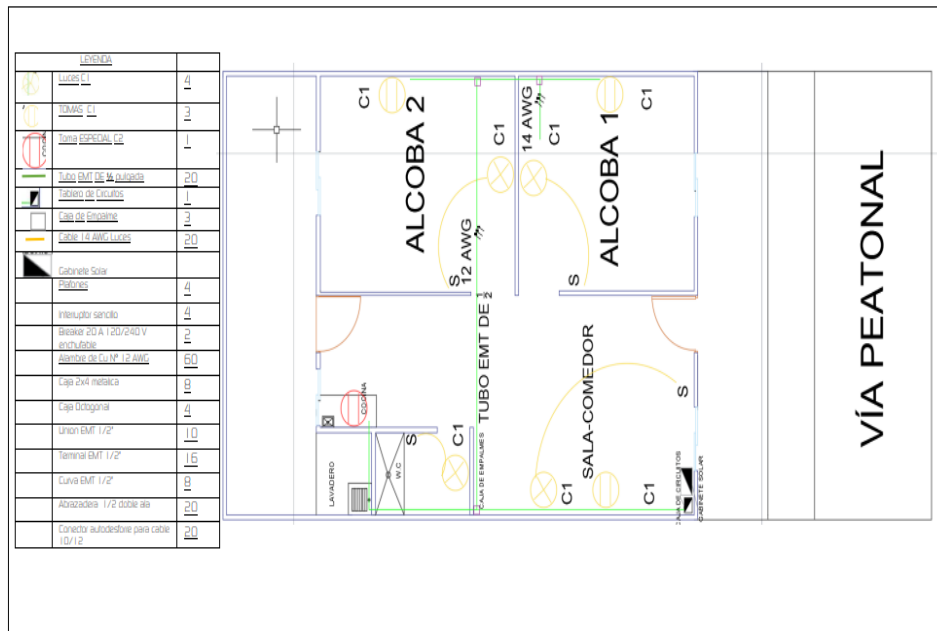
para el cálculo del campo solar y el de más alto potencial para el dimensionamiento de las baterías.

El área de sección del cable solar para una acometida de 10 metros de distancia resulto ser mayor que el menor diámetro de cable solar disponible en el mercado (4mm²) sometiéndonos a un criterio de vigencia y disponibilidad tecnológica, preferimos implementar acometidas independientes para cada panel en secciones de 6 mm² que unir en la estructura los dos paneles solares en paralelo y utilizar un cable de 10 mm² y sus accesorios de conexión MC4. diámetros de 6 mm².

Plano del circuito de las luces y tomas

Figura 11

Plano del Circuito

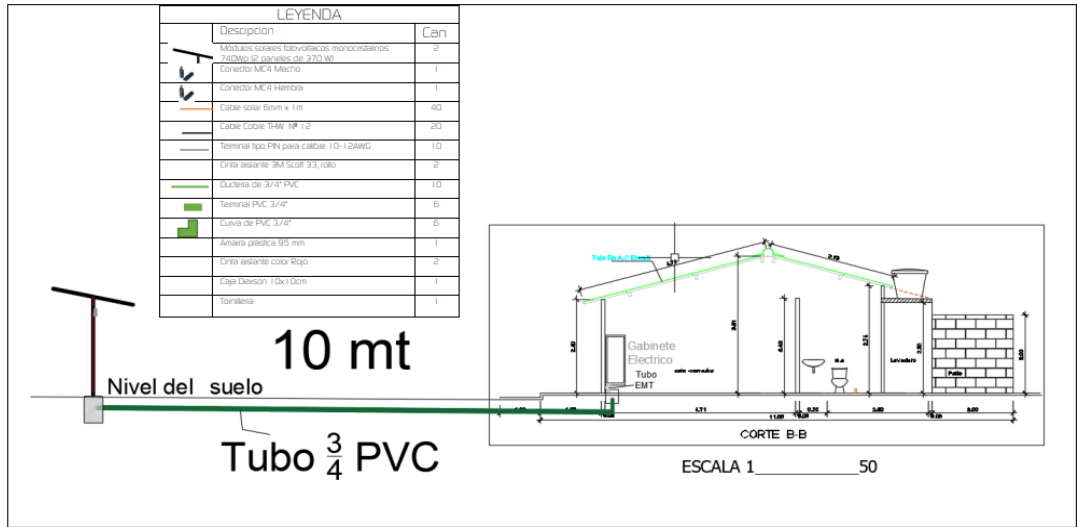


Fuente. (Pinzón Vives, 2020)

Plano de conexión de componentes

Figura 12

Plano de conexión de componentes

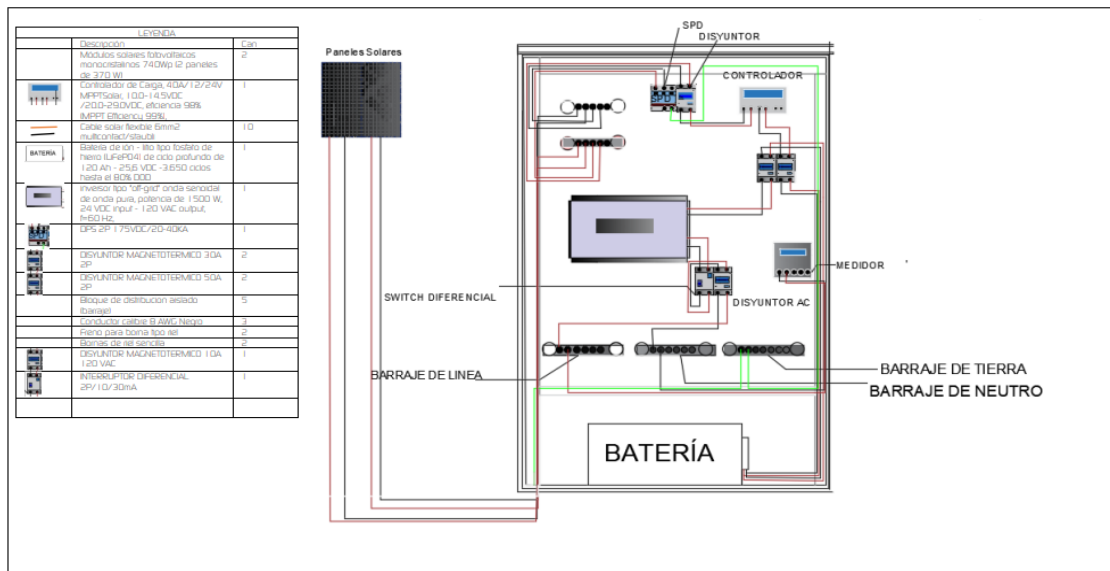


Fuente. (Pinzón Vives, 2020)

Plano de ubicación de gabinetes y baterías

Figura 13

Plano de ubicación de gabinetes y baterías

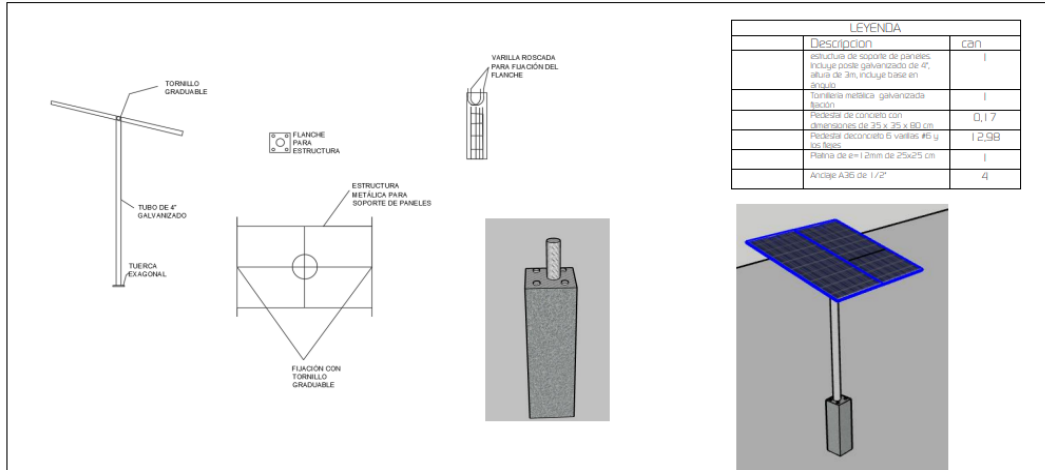


Fuente. (Pinzón Vives, 2020)

Plano estructura de paneles

Figura 14

Panel de Estructura de Paneles

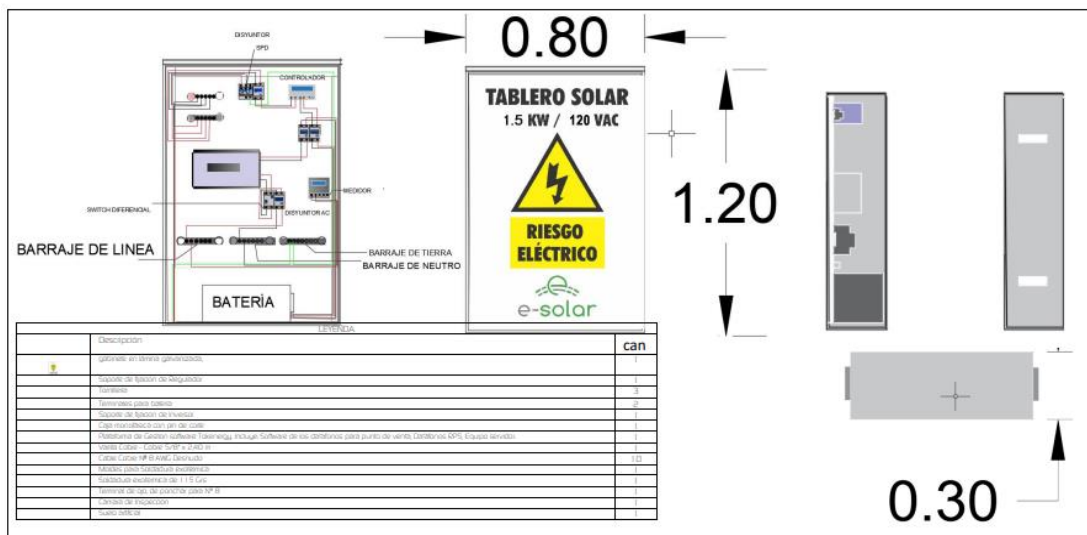


Fuente. (Pinzón Vives, 2020)

Plano de gabinete

Figura 15

Plano del Gabinete



Fuente: (Pinzón Vives, 2020)

Resultados Objetivo 3. Realizar la evaluación financiera del proyecto de Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré, Córdoba.

Después, se mostrará una evaluación ex ante del proyecto basado en indicadores que serán de tres tipos como se muestra a continuación:

Indicadores de rentabilidad

Con el objetivo de poder calcular los resultados de los indicadores económicos del proyecto, ese necesario parte de los costos asociados al mismo, los ingresos o beneficios que se obtienen una vez se inicia la fase de operación, el valor de la tasa social de descuento que está aproximadamente en el **12%**.

Para el caso de nuestro país, en las últimas décadas se ha utilizado una tasa social de descuento del doce por ciento (12%). Sin embargo, un informe del DNP en el año 2018 (Piraquive Galeano, Matamoros Cárdenas, Céspedes Rangel, & Rodríguez Chacón, 2018) “actualiza la tasa social de descuento o el valor del costo de oportunidad, calculado para Colombia en 1969 por el profesor Arnold Harberger basado en cifras de 1967, asemejando la metodología aplicada con datos hasta el año 2015”.

Por otro lado, y en base a que las circunstancias socioeconómicas de Colombia han tenido importantes cambios, y de acuerdo con el reciente estudio del DNP “actualizó la tasa al considerar la evolución del PIB, inflación, desarrollo industrial y de servicios, entre otros indicadores de los últimos años. Como resultado de este análisis, la tasa social de descuento recomendada por el DNP para la evaluación socioeconómica de proyectos en Colombia es del **9%**” (DNP, 2018). El flujo de efectivo del proyecto es el siguiente:

Tabla 8*Flujo Económico*

Periodo	(+)	(+)	(-) Costos	(-)	(-)	(+)	(+)
	Beneficios e ingresos	Créditos	de inversión	Amortización	Intereses de los créditos	Valor de salvamento	Flujo Neto
0	0,00	0	930.946.826	0	0	0	-930.946.826
1	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
2	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
3	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
4	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
5	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
6	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
7	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
8	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
9	228.251.656	0	0	0	0	0	228.251.656
10	123.308.000	0	0	0	0,00	213.096.535	336.404.535

Fuente. Elaboración propia para el proyecto.

Valor Presente Neto (VPN).

El VPN como indicador de evaluación económica nos permite estimar el valor del dinero en un tiempo específico, a través de una correcta estimación del flujo de efectivo de una idea de negocio o proyecto, todo lo anterior con el propósito de comparar el comportamiento del dinero

en cualquier periodo durante la duración de la inversión. La fórmula para calcular el VPN es la que a continuación se muestra:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t}$$

$$VPN = -930.946.826,00 + \frac{228.251.656}{(1+0.09)^0} + \frac{228.251.656}{(1+0.09)^1} + \frac{228.251.656}{(1+0.09)^2} \dots$$

$$VPN = 579.579.122$$

“El VPN nos sirve para generar dos tipos de decisiones: ver si las inversiones son efectuales y ver qué inversión es mejor que otra en términos absolutos” (Granel, 2022). Los criterios que podemos aplicar pueden ser los siguientes:

Si el “VAN > 0: la tasa de descuento elegida generará beneficios”.

Si el “VAN = 0: el proyecto de inversión no generará beneficios ni pérdidas, por lo que su realización resultará indiferente”.

Si el “VAN < 0: el proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado”.

Entonces como el resultado del VPN no dio mayor a cero (579.579.122) entonces se puede concluir que el proyecto afectado con una tasa social de descuento del **9%**, va a generar beneficios mayores a la inversión realizada con el proyecto.

Tasa Interna de Retorno (TIR).

La (TIR) “es un método que proporciona otra medida de la rentabilidad de un negocio o proyecto. La tasa interna de rendimiento de un negocio o proyecto equivale a la tasa de interés que dicho negocio o proyecto le va a dar a la persona que invirtió ahí su dinero” (Granel, 2018).

Ahora bien, de acuerdo con el flujo económico que se tiene del proyecto y luego de hacer uso de Excel para calcular el valor de la TIR tenemos que el valor es **21,33 %**. El anterior

resultado me permite concluir y afirmar lo dicho en el indicador anterior, dado que la TIR es superior a 1.

Relación Costo Beneficio (RCB).

La relación costo-beneficio es una herramienta financiera que compara el costo de un producto o inversión realizada con respecto a los ingresos o beneficios que se van a percibir por este. Es así como con esta herramienta podemos evaluar de forma efectiva la mejor decisión a tomar para realizar la inversión, por tanto, sabiendo que los costos totales son 1.031.650.724 y los ingresos totales son 2.869.750.720; tenemos que el resultado de este indicador es de 2.78.

Indicadores de costo-eficiencia.

Costo por beneficiario.

Este indicador nos permite conocer cuanto será el costo invertido por cada beneficiario, teniendo en cuenta que el costo total es de **930.946.826** y los beneficiarios son **302 personas**, tenemos que el costo por beneficiario del proyecto es **\$3.799.783**.

Conclusiones

Se logró realizar la formulación metodológica de un proyecto de inversión denominado “Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica en la zona rural de San José de Uré”, cumpliendo con todos los estándares de la Metodología General Ajustada y su respectivo Manual Conceptual, para ellos se hizo toda la identificación del proyecto, la preparación de las alternativa, la evaluación desde el punto de vista financiero – económico y social, además de la programación en el tiempo de las metas, indicadores y los costos del proyecto asociados a una fuente de financiación.

En esta fase 2 del proyecto aplicado se realizarán los estudios, diseños, memorias y documentos necesarios para darle un sustento técnico al desarrollo del proyecto aplicado, ya que estos son los que definen que tipo de alternativa es viable para dar solución al problema, que personal, equipos, insumos, actividades y productos son necesarios para lograr la alternativa, cuáles son los costos asociados. Por otro lado, estos estudios permiten tener claridad sobre si la alternativa se puede realizar y sobre son la base sobre la cual se fundamenta el proceso de viabilización que debe realizar el DNP y Ministerio de Minas y Energía.

Estos son: Estudio de Suelos, Presupuesto y Análisis de precios unitarios, Memorias de Cálculo y Diseño Estructural, Memorias de Calculo y Diseño Eléctrico, Proceso Constructivo, Especificaciones Técnicas, entre otros.

Es esta parte del proyecto aplicado se tomarán como referencia elementos importantes como son los costos necesarios para lograr materializar la alternativa y a su vez los ingresos o beneficios que se obtendrán una vez el proyecto esté en ejecución.

Con los costos y los ingresos o beneficios se realiza en flujo de fondos, luego a partir de los datos consignados en dicho instrumento se procederá a calcular los indicadores económicos,

de donde los resultados obtenidos permitirán evaluar financieramente el proyecto de tal manera que un inversionista o el estado pueda determinar si invierte en dicho proyecto y sobre todo si este ofrece mayores ingresos o beneficios a comparación de otro proyecto o alternativa.

Con respecto a la Evaluación tenemos las siguientes conclusiones.

Evaluación Financiera.

El Valor presente Neto dio como resultado 579.579.122

La tasa interna de retorno es de 21,33 %.

La relación costo beneficio es de 2.78.

Evaluación social

Para el caso de este tipo de evaluación se escoge el indicador de relación costo por beneficiario, donde se obtuvo como resultado un total de es **\$3.799.783**.

Recomendaciones.

Para lograr cumplir con el proyecto que venimos desarrollando en términos de tiempo, costo y alcance; debemos implementar las siguientes estrategias, que deben formalizarse a través de un plan de contingencia, teniendo en cuenta que se trata de un proyecto de construcción:

Se debe establecer la causa de los bajos rendimientos en la ejecución de las obras, si esto obedece a situaciones previsibles o imprevisibles.

Al tratarse de situaciones previsibles que están bajo nuestro control, podemos determinar si la causa obedece a deficiencia en el suministro de los insumos y/o bajo rendimiento de la mano de obra y/o disponibilidad de maquinaria, que no permiten el avance esperado en la ejecución de las obras.

Como situación imprevisible, relacionada con las condiciones climáticas, orden público, permisos para ejecutar las obras, entre otros; debemos realizar ajustes en el cronograma de ejecución de obras, buscando incluir recursos adicionales al momento en que se tengan los permisos requeridos o se prevean condiciones meteorológicas o sociales más adecuadas.

Se debe realizar una reprogramación al cronograma de ejecución de las obras y una nivelación de recursos, es decir, incrementar los frentes de trabajo con más personal, material y equipos, que permitan aumentar el porcentaje de avance planeado inicialmente; esto debe ir acompañado de un adecuado control y estricto seguimiento a los rendimientos diarios de ejecución.

Se debe implementar una estrategia que permita tener mayor agilidad en el suministro de materiales, solicitando a los proveedores que cumplan con los tiempos determinados para la entrega de los insumos requeridos.

Es importante agilizar el proceso contable y de tesorería con el fin de efectuar pagos a proveedores y subcontratista oportunamente, lo cual evitará tener inconvenientes con el plan de contingencia a implementar consistente en mayores frentes de obra en ejecución simultánea.

Se debe garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas y evitar que por falencias en la ejecución de las actividades se presenten reprocesos constructivos o demoras en el recibo de las obras de parte de la interventoría, esto teniendo en cuenta que con el recibo oportuno de las obras se puede garantizar la facturación en los tiempos establecidos; garantizando el flujo de caja requerido para impulsar la ejecución del proyecto, la eficiencia en costos de los insumos y disminución de costos financieros.

Prestar especial atención y realizar todas las gestiones posibles para que las actividades descritas en la ruta crítica del proyecto no se atrasen en su ejecución, evitando que se presenten situaciones que impidan su ejecución.

Cumplir con lo estipulado por las leyes, decretos, normas técnicas, legales y éticas vigentes, entre otros.

Contar con una dirección administrativa y técnica, que incluya inspección, programación y control de la instalación.

Los elementos y materiales que se utilicen en la obra deberán ser previamente aprobados, mediante la presentación de muestras con la debida anticipación, los ensayos podrán ser ordenados por cuenta del contratista para comprobar que los materiales se ajusten a las especificaciones.

En todo momento debe existir comunicación entre los constructores, supervisores y profesionales, para evitar malos entendidos y realizar la ejecución de la obra de una manera eficiente sin tener que detener la ejecución de la misma.

Programar reuniones, al menos una vez por semana, con el fin de llevar el control desde la programación de obra, hasta inquietudes u opiniones que tenga el personal que está laborando. Esto es para tener retroalimentación con base en que se está trabajando y así poder evitar contratiempos.

Bibliografía

- Angelis-Dimakis, A.; Biberacher, M.; Dominguez, J.; Fiorese, G.; Gadocha, S.; Gnansounou, E.; Guariso, G.; Kartalidis, A.; Panichelli, L.; Pinedo, I.; et al. (2011) Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources. *Renew. Sustain. Energy Rev.* [CrossRef]
- Arango, M.C. (2019), Panorama Energético de Colombia. Grupo Bancolombia. Available from: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>
- Arriols, E. (2020), Cuáles Son las Fuentes de Energía Más Utilizadas en el Mundo. *Ecología Verde*. Available from: <https://www.ecologiaverde.com/cuales-son-las-fuentes-de-energia-mas-utilizadas-en-el-mundo-1426.html>
- Asociacion de Empresas de Energías Renovables. (2018), Estudio Macroeconómico de las Energías Renovables en España. Asociacion de Empresas de Energías Renovables.
- Autodesk. (2022). Qué es el diseño eléctrico <https://latinoamerica.autodesk.com/solutions/electrical-design>
- Bayrak, Z.U.; Bayrak, G.; Ozdemir, M.T.; Gencoglu, M.T.; Cebeci, M. (2016) A low-cost power management system design for residential hydrogen & solar energy based power plants. *Int. J. Hydrog. Energy*. Burkart, K. How Much CO₂ Does One Solar Panel Create? Available online: <http://www.mnn.com/greentech/research-innovations/blogs/how-much-co2-does-one-solar-panel-create/> (accessed on 10 May 2016).
- Chacón Gómez, L. C., Piñeros Guzmán, A. C., & Cifuentes Rodríguez, D. A. (2021). Propuesta de una herramienta para el registro de proyectos de inversión en Ciencia, Tecnología e Innovación-CTeI, que cumpla con el propósito de la Metodología General Ajustada-

MGA, para el Departamento Nacional de Planeación DNP (Master's thesis, Maestría en Gerencia de Proyectos).

CREG. (6 de JULIO de 2021). CREG. Obtenido de

<https://www.creg.gov.co/taxonomy/term/1865?page=2>

Devabhaktuni, V.; Alam, M.; Depuru, S.S.R.; Green, R.C., II; Nims, D.; Near, C. (2013) Solar energy: Trends and enabling technologies. *Renew. Sustain. Energy*

Diamandis, P. (2014), Solar Energy Revolution: A Massive Opportunity *Forbes*.

<https://www.forbes.com/sites/peterdiamandis/2014/09/02/solar-energy-revolution-a-massive-opportunity/#1cb103a56c90>

DeGunther, R. (2009), *Alternative Energy for Dummies*. Hoboken, New Jersey: Wiley.

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y. (2011), Informe especial Sobre Fuentes de Energía Renovables y Mitigación del Cambio Climático. Colombia: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Energreencol S.A.S (s.f.). Soluciones de energía para áreas rurales en Colombia. *Revista electrónica Energreencol S.A.S*.

http://www.energreencol.com/ficheros_pdf/Energia%20para%20areas%20rurales%20en%20

EPM, C. G. (2021). CENS. <https://www.cens.com.co/servicios-onlinea/pedidos-de-energia/disponibilidad>

Eurostat Statistics Explained. (2020), Estadísticas de Energía Renovable.

https://www.ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Renewable_energy_statistics/es#El_porcentaje_de_energ.C3.ADas_renovables_casi_se_duplic.C3.B3_entre_2004_y_2018.

Frankfort School, FS-UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance.

Global Trends in Renewable Energy Investment. http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/globaltrendsinrenewableenergyinvestment20161owres_0.pdf (accessed on 15 January 2018).

Gálvis G, & Gutiérrez H. (2013). Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia. Gobernación de la Guajira: La Guajira, Colombia.

García-Vera, Y. E., Dufo-López, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2020). Techno-economic feasibility analysis through optimization strategies and load shifting in isolated hybrid microgrids with renewable energy for the non-interconnected zone (NIZ) of Colombia. *Energies*, 13(22), 6146.

Gómez, J., Murcia, J.D., Cabeza, I. (2017), La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: Potenciales, Antecedentes y Perspectivas. Universidad Santo Tomás, 19. Available from: <http://www.repository.usta.edu.co/handle/11634/10312>.

Graebig, M.; Bringezu, S.; Fenner, R.(2010) Comparative Analysis of Environmental Impacts of Maize-Biogas and Photovoltaics on a Land Use Basis. *Sol. Energy*

Granados, C., Castañeda, M., Zapata, S., Mesa, F., & Aristizábal, A. J. (2022). Feasibility analysis for the integration of solar photovoltaic technology to the Colombian residential sector through system dynamics modeling. *Energy Reports*, 8, 2389-2400

“Greenpeace and EPIA, (2011) - Solar Generation 6, Solar photovoltaic Electricity Empowering the World.” Bruselas.

- Hosenuzzaman, M.; Rahim, N.A.; Selvaraj, J.; Hasanuzzaman, M.; Malek, (2015) A.B.M.A.; Nahar, A. Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renew. Sustain.*
- IDEAM. (2018), *Atlas Climatológico, Radiación y Viento*. Colombia: Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies
- INELDEC. (2020). <https://ineldec.com/producto/medidor-bidireccionalcontador-trifasico-iskra/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2011) *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- Joshi, A.S.; Tiwari, A.; Tiwari, G.N.; Dincer, I.; Reddy, B.V. (2009) Performance evaluation of a hybrid photovoltaic thermal (PV/T) (glass-to-glass) system. *Int. J. Therm. Sci.* 2009, 48, 154–164.
- Ladino P. (2011). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia*.
- Macías, A., Carvajal, D., Cobos, D., Fienco, B., Peralta, J., & Zambrano, J. (2018). *Mecánica de Suelo: Tomo I. 3Ciencias*. <http://dx.doi.org/10.17993/IngTec.2018.33>
- Martínez González, A. Orlandini, and S. Herrero López, (2011) “Crisis, Cambio Global y Energía,” *Rev. Econ. Mund.*, vol. 29, no. 1576–162, pp. 263–284,
- Morales Sánchez, (2013) “Cálculo de una Tarifa de Alimentación para Instalaciones Fotovoltaicas Residenciales en Colombia *,” *Semest. Económico*, vol. 16,

- Pardo, E. (2020), Cuál es el Panorama Minero Energético en 2020? Asuntos Legales.
<https://www.asuntoslegales.com.co/analisis/estefanny-pardo-515736/cual-es-el-panorama-minero-energetico-en-2020-2970596>.
- Perez Jaramillo, J. E. (2018). Viabilidad fotovoltaica en comunidades rurales de Colombia
Presentación Oficial IPSE, 2016. [Online]. <http://www.ipse.gov.co/comunicaciones-ipse/presentacion-oficial>. [Accessed: 15-Oct-2016]
- Procolombia. (2018), Colombia y su Potencial en Fuentes de Energía Renovables Invierta en Colombia. <https://www.inviertaencolombia.com.co/noticias/1197-colombia-y-su-potencial-en-fuentes-de-energia-renovables.html>
- Pulgarín, Á.V. (2020), Radiación Solar en Colombia.
https://www.energiasolarcolombia.co/radiacion-solar/radiacion-solar-colombia/#Colombia,la_linea_del_ecuador_y_los_tropicos
- Rodríguez, M.H. (2008), Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Revista de Ingenieria Universidad de Los Andes, 28, 83-89.
- SOMENERGIA. (2020). CENTRO DE AYUDA. <https://es.support.somenergia.coop/article/784-como-funciona-la-compensacionsimplificada-de-excedentes>
- Sosa, N.E., Gómez, J.M. (2020), Energías Limpias para un Desarrollo Sostenible en Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
<https://www.repository.unad.edu.co/handle/10596/34968>.
- Suárez, W. (2017). El reto de energizar zonas rurales aisladas. Semana.
- TEKNOSOLAR. (ENERO de 2018). TEKNOSOLAR.
<https://www.teknosolar.com/community/index.php?p=/discussion/14/que-es-ycomo-funciona-un-inversor-solar>

- Top Cable Colombia. (2019), Qué son las FNCER y qué Importancia Tienen en Colombia? Top Cable. <https://www.topcable.com/sites/es-co/cuales-son-las-fncer-y-su-importancia-en-la-matriz-energetica-colombiana>.
- Toledo Arias and A. Urbina Yeregui, (2013) “Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia,” p. 1–49, Septiembre.
- UPME. (2015a), Documento Ejecutivo Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia. In: Unidad de Planeación Minero Energética. http://www1.upme.gov.co/demandaenergetica/integracion_energias_renovables_web.pdf.
- UPME. (2015b), Plan Energetico Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. In: Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia. http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf.
- UPME. (2019), Plan Energetico Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. In: Unidad de Planeación Minero Energética, Republica de Colombia. Available from: http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf.
- Vela, A. (2015) Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para implementar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras. <http://stadium.unad.edu.co/preview/UNAD.php?url=/bitstream/10596/5814/1/1022326361.pdf>
- UPME. (2019). Plan Energético Nacional 2020- 2050. https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf
- Velasco, M.Á., Calvache, Ó.A. (2019), Evolución de la Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Colombia, 16.

[https://www.repository.usc.edu.co/bitstream/20.500.12421/2781/1/evolución de la generación.pdf](https://www.repository.usc.edu.co/bitstream/20.500.12421/2781/1/evolución%20de%20la%20generación.pdf)

- Perlin, J. (1999). Del espacio a la Tierra: la historia de la electricidad solar. En From Space to Earth: The Story of Solar Electricity (pág. 224). Ann Arbor, MI: Publicaciones de Aatec.
- Gonzalez Montoya, D., Ramos Paja, C., Potosi Guerrero, B., Henao Bravo, E., & Saavedra Montes, A. (2018). Análisis de factibilidad técnico-económico de microrredes que integran celdas de combustible en zonas no interconectadas de Colombia. Scielo.
- Página oficial del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. [URL: http://www.irc.gov.co/webcenter/portal/SGR/pages_ocadpaz].
- Pearce, J. (2002). Energía fotovoltaica: un camino hacia un futuro sostenible.
- PDM. (2020). Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023.
- S. Vega Rodríguez, D. Rodríguez (2008). Metodología de diseño de instalaciones eléctricas para centro de diagnóstico radiológico Barranquilla de acuerdo con el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE. Cartagena. Universidad Tecnológica de Cartagena.
- INVIAS. (s.f.). manual especificaciones técnicas.
- <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documentotecnicos>
- D. Silva Zapata, N. Núñez Fuentes, and G. Valencia Ochoa, “2o Congreso de Energía Sostenible en Colombia: Retos y Beneficios de su Implementación - Aprovechamiento de las Fuentes No Convencionales de Energía en la Costa Norte Colombiana,” pp. 92–98.
- Arboleda González, J. A. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín, Colombia.

- Baldasano Recio, J. M. (mayo de 2004). Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales. Tesis Doctoral. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Luna, R. (1999): Manual para determinar la factibilidad económica de proyectos. PROARCA/CARPAS.
- A. Martínez González, A. Orlandini, and S. Herrero López, “Crisis, Cambio Global y Energía,” *Rev. Econ. Mund.*, vol. 29, no. 1576–162, pp. 263–284, 2011.
- N. E. Hernández Rueda and X. A. Ramírez Contreras, “Estudio Sobre la Sustitución por Energías Renovables (Solar Fotovoltaica) en las Instituciones Educativas de Básica Primaria y Secundaria en Colombia: Análisis y Posibilidades,” Memoria del título, Economista, División Ciencias Económicas y Administrativas, Facultad de Economía, Universidad Santo Tomas, Bucaramanga, Colombia, 2015.
- REN21 Steering Committee, Renewables 2016 global status report. “Presentación Oficial IPSE,” 2016. [Online]. Available: <http://www.ipse.gov.co/comunicacionesipse/presentacion-oficial>. [Accessed: 15-Oct-2016].
- R. E. Anglés Ortiz, A. A. González Deibe, G. A. Moscoso Mejía, C. A. Vega Aldana, and D. Encinas Oñate, “SER - Energía Renovable en Colombia,” eoi - Escuela de Negocios, Plan de Negocios, Madrid, España, Junio, 2008.
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2011). *Generación de Modelos de Negocio*. Barcelona: Deusto.
- Torres, F. (2006) Desarrollo de Sistemas.
- Ramirez, M. (2019). LA RADIACIÓN SOLAR Y SU PASO POR LA ATMÓSFERA. *ideam*.

- Barreto Medina, Y. L. (2022). Estudio de preinversión para la constitución de una empresa comercializadora de desechables biodegradables en el municipio de Fusagasugá-Cundinamarca, a partir de un enfoque en las estrategias gerenciales del PMBOK.
- Franco, C., Dyner, I., & Hoyos, S. (2008). Contribución de la energía al desarrollo de comunidades aisladas no interconectadas: un caso de aplicación de la dinámica de sistemas y los medios de vida sostenibles en el suroccidente colombiano. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*.
- Montealegre Tovar, M. (2008). Definición de proyecto. *Servicio Nacional de Aprendizaje centro de Servicios Administrativos Regional Distrito Capital*.
- Orellana Lalangui, A. G., & Sarango Chamba, J. F. (2015). Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de integración barrial, sector el plateado servido por empresa eléctrica regional del sur. *Universidad Politecnica Salesiana, Sede Cuenca*.
- Vela Ruiz, M. A. (2015). Implementación y ejecución de un sistema de energía alternativa (fotovoltaica) para implementar la calidad de vida de sus moradores en la comunidad de palmeras.