

ENERGÍAS RENOVABLES

Implementación de un sistema solar fotovoltaico en
el Bioparque La Reserva de Cota



Juan Carlos Mendoza
Eduard Aristizábal Botero
Wilson Rosenbel González Páez

 **UNIMINUTO**
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos

Colección de Investigación

Energías renovables

Implementación de un sistema solar fotovoltaico en
el Bioparque La Reserva de Cota

Juan Carlos Mendoza
Eduard Aristizábal Botero
Wilson Rosenbel González Páez

Corporación Universitaria Minuto de Dios
UNIMINUTO
2022



Presidente Consejo de Fundadores

Padre Diego Jaramillo Cuartas, cjm

Rector General Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Padre Harold Castilla Devoz, cjm

Vicerrectora General Académica

Stephanie Lavaux

Director de investigaciones - PCIS

Tomás Durán Becerra

Subdirectora Centro Editorial - PCIS

Rocío del Pilar Montoya Chacón

Rector UNIMINUTO Bogotá Virtual y Distancia

Javier Alonso Arango Pardo

Vicerrectora Académica UNIMINUTO Bogotá Virtual y Distancia

Amparo Cubillos Flórez

Decana Facultad de Educación UNIMINUTO Bogotá Virtual y Distancia

Astrid Viviana Rodríguez Sierra

Director de Investigación UNIMINUTO Bogotá Virtual y Distancia

Camilo José Peña Lapeira

Coordinador de publicaciones UNIMINUTO Bogotá Virtual y Distancia

José David Jaramillo

Mendoza, Juan Carlos

Energías renovables : Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque La Reserva de Cota / Juan Carlos Mendoza, Eduard Aristizábal Botero, Wilson Rosenbel González Páez ; Prólogo David Edward Tipping. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, 2022.

ISBN: 978-958-763-569-0

68p.: il, tab.

1.Energía solar -- (Cota, Cundinamarca) 2.Recursos energéticos renovables -- (Cota, Cundinamarca) 3.Cambios climáticos -- (Cota, Cundinamarca) 4.Conservación del medio ambiente -- (Cota, Cundinamarca) i.Aristizábal Botero, Eduard ii.González Páez, Wilson Rosenbel iii.Tipping, David Edward (prologuista).

CDD: 333.794 M35e BRGH

Registro Catálogo Uniminuto No. 104447

Archivo descargable en MARC a través del link: <https://tinyurl.com/bib104447>

Energías renovables:

Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque La Reserva de Cota

Autores

Juan Carlos Mendoza

Eduard Aristizábal Botero

Wilson Rosenbel González Páez

Coordinador

Juan Carlos Mendoza

Prólogo

David Edward Tipping

Fotografías

Juan Carlos Mendoza

Eduard Aristizábal Botero

César A. Corredor P.

<https://images.unsplash.com/>

Ilustración portada

César A. Corredor P.

Corrección de estilo

Elvira Lucía Torres B.

Diseño y diagramación

Andrea Sarmiento B.

ISBN digital: 978-958-763-569-0

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-569-0>

Primera edición: 2022

Esta publicación es el resultado de la investigación: Energías renovables: Implementación de paneles solares como estrategia para generar energía eléctrica en el Bioparque La Reserva de Cota, con código C117-20-092, financiado por la VII Convocatoria para el desarrollo y fortalecimiento de la investigación en UNIMINUTO de la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO.

©Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los capítulos publicados en Energías renovable: Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque La Reserva de Cota fueron seleccionados de acuerdo con los criterios de calidad editorial establecidos en la Institución. El libro está protegido por el Registro de propiedad intelectual. Se autoriza su reproducción total o parcial en cualquier medio, incluido electrónico, con la condición de ser citada clara y completamente la fuente, siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, tal como se precisa en la Licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Sin Derivar que acoge UNIMINUTO.

Contenido

| | |
|---|----|
| Agradecimientos | 7 |
| Prólogo | 8 |
| Presentación | 10 |
| Introducción | 12 |
| Resumen | 14 |
| Capítulo I. Antecedentes y justificación | 15 |
| Antecedentes de la investigación | 16 |
| Preocupación mundial por el medio ambiente | 20 |
| La energía solar como alternativa para mitigar los efectos ambientales de la producción energética | 21 |
| Aprovechamiento pasivo de la energía solar | 21 |
| Implementación de la energía fotovoltaica | 22 |
| Los paneles solares y la generación de energía eléctrica | 22 |
| Energías renovables en Colombia | 23 |
| Radiación solar en Colombia | 25 |
| Justificación de la investigación | 27 |
| Capítulo II. Metodología y procedimiento de instalación | 29 |
| Investigación aplicada | 30 |
| Investigación tecnológica | 31 |
| Área de estudio | 32 |
| Descripción de la instalación | 33 |
| Componentes del sistema solar fotovoltaico | 34 |
| Sistema solar fotovoltaico: red eléctrica convencional o red eléctrica aislada (autónoma) | 35 |
| Instalación del sistema solar fotovoltaico | 36 |
| Itinerario de la instalación | 40 |
| Paneles solares | 42 |
| Baterías | 44 |
| Inversor | 45 |
| Regulador de carga o controlador | 45 |

| | |
|---|----|
| Capítulo III. Sistema solar fotovoltaico: hallazgos, perspectivas y aprendizajes | 48 |
| Registros y mediciones climáticas del lugar | 49 |
| Consumo eléctrico del lugar de la instalación..... | 50 |
| Verificación del funcionamiento y el rendimiento..... | 51 |
| Sistema solar fotovoltaico en funcionamiento | 52 |
| Consumo eléctrico de la planta solar fotovoltaica | 52 |
| Cuantificación y valores asociados al sistema solar fotovoltaico ... | 53 |
| Conclusiones | 58 |
| Índice de tablas | 62 |
| Índice de figuras..... | 63 |
| Referencias | 64 |

Agradecimientos

Agradecemos a la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, por financiar esta investigación; a la Vicerrectoría Virtual y a Distancia, y a la Facultad de Educación de UNIMINUTO Virtual y Distancia por la publicación de esta obra.

A las sublíneas de investigación “Escuela, ambiente y desarrollo sustentable” y “Didáctica y enseñanza de las Ciencias Naturales” del grupo de investigación Ciencia, Ambiente y Turismo Ecológico Sustentable (CAYTES) de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Al Bioparque La Reserva de Cota y a la Fundación Centro de Energías renovables para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático (FUNCENER).

Finalmente, a nuestras amadas familias, por brindarnos todo su apoyo en cada uno de los proyectos que emprendemos.

Prólogo

Se han publicado diversos textos sobre el cambio climático, provocado principalmente por la generación de energía a partir de combustibles fósiles y los daños ocasionados al medio ambiente, y acerca de las energías renovables como medio para mitigar los impactos. Sin embargo, son pocas las publicaciones que presentan el tema de una manera que permita al lector medir el resultado de su implicación en un proyecto de energías renovables.

La Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO y la Fundación Centro de Entrenamiento en Energías Renovables para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático —FUNCENER— responden a esta carencia con esta publicación, cuya lectura permite entender las generalidades del cambio climático a partir de la una descripción de los componentes y la puesta en marcha de una instalación solar. Los autores utilizan el sistema fotovoltaico de FUNCENER, para demostrar su funcionamiento, con el fin de que los lectores adquieran las bases para dimensionar y construir sus propios sistemas.

En los últimos 15 años, las energías renovables, como la eólica y la fotovoltaica, vienen demostrando su potencial productivo eléctrico para reemplazar en gran parte las energías fósiles. En Alemania, por ejemplo, un estudio del Instituto Fraunhofer revela que la eólica y la fotovoltaica suministraron el 29 % de la electricidad consumida en el sector público en el año 2018. La caída de costos y la fiabilidad operacional de los sistemas han favorecido su crecimiento. Gracias a los avances tecnológicos, la vida operativa de los sistemas solares excede los 25 años. Además, los costos han venido bajando significativamente, como lo confirma el estudio de la National Renewable Energy Laboratory en Estados Unidos, que muestra que los precios de las instalaciones en residencias cayeron en un 63 % entre 2010 y 2018.

Por otra parte, Colombia cuenta con condiciones favorables para la generación eléctrica solar. Así lo indica la Unidad de Planeación Minero Energética, según la cual la irradiación solar promedio en la región andina es de 4,5 kWh/m²/día, un valor apto para generadoras fotovoltaicas. Para impulsar la construcción de plantas generadoras, el Gobierno colombiano ofrece incentivos fiscales a inversionistas, lo que

ha atraído a grandes empresas. Entonces, cabe preguntarse: ¿Podemos considerar que las energías renovables son solamente de los grandes grupos industriales? Esta publicación muestra que no es así.

Cualquier ciudadano puede involucrarse en la construcción de una instalación solar para responder a sus necesidades eléctricas, con lo cual no solo contribuirá a reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que generará un ahorro en su economía.

En este libro se presenta una exposición clara y sencilla de lo que es el cambio climático, acompañada de una guía práctica para el lector que quiere comprometerse a bajar su dependencia de energías perjudiciales para el ambiente.

David Edward Tipping

Project Development Engineering Advisor in Sound Energy plc.
MSc. Imperial College, Londres

Presentación

La comunidad científica internacional concuerda en que el calentamiento global observado desde 1750 es causado por las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por distintas actividades humanas, y que dicho cambio ha ocasionado impactos en sistemas humanos y naturales en todo el mundo. De continuar con la tendencia de emisiones, la temperatura promedio global aumentará en más de 4 °C y, consecuentemente, será mayor la probabilidad de impactos climáticos severos e irreversibles, como la pérdida de ecosistemas, la inseguridad alimentaria y las inundaciones, entre otros (Florián et al., 2017).

Estas páginas son el sentir de un planeta interconectado por diversas representaciones de la vida que actualmente son vulnerables frente a factores como el cambio climático, la contaminación ambiental y el uso de energías poco amigables con la naturaleza. Actualmente, existen diversas problemáticas ambientales y, a pesar de ello, seguimos sin parar, contaminando nuestro planeta de múltiples formas y mediante diversas acciones. En efecto, el problema del cambio climático representa un reto global, cuya atención requiere de un acuerdo general sobre las trayectorias futuras de las emisiones de gases de efecto invernadero. No obstante, también implica una externalidad para la economía global, toda vez que la principal fuente de este tipo de emisiones se asocia al consumo de combustibles de origen fósil, que constituyen el principal insumo para la producción de bienes y servicios a través del consumo de energía. (Catalán, 2020).

Colombia es un país megadiverso —ocupa el segundo puesto en el top 10 de países más diversos del mundo—, es el primer país en mayor número de especies de aves y orquídeas, el segundo en plantas, mariposas y peces dulceacuícolas, el tercero en palmas y reptiles, y el sexto en mamíferos (Socha, 2020), pero el cambio climático está generando alteraciones sustanciales en los ecosistemas. Lastimosamente, todas las acciones que contaminan nuestro hábitat en la actualidad son producidas por los humanos que, sin medir su acción en su actividad diaria y con la cultura del uso y desuso, constantemente generan más contaminación. Es evidente que estamos frente a uno de los retos más importantes para la humanidad.

Realizar todo tipo de acciones ambientales desde la academia y la investigación es, sin lugar a duda, la oportunidad para contribuir a mejorar las interacciones entre el hombre y la naturaleza. Por ello, con el fin de ofrecer una opción para el aprendizaje sobre la energía solar

Se exponen en este libro los resultados de la investigación *Energías renovables: Implementación de paneles solares como estrategia para generar energía eléctrica en el Bioparque La Reserva de Cota*, financiada y realizada en el marco de la VII Convocatoria para el desarrollo y fortalecimiento de la investigación en UNIMINUTO, desarrollada por la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental y la Fundación Centro de Entrenamiento en Energías Renovables para la Mitigación y Adaptación al Cambio Climático, FUNCENER.

El texto describe la instalación de un sistema solar fotovoltaico autónomo como estrategia para aprovechar la energía solar como recurso importante para el ahorro de energía eléctrica y la conservación ambiental. Como introducción, se abordan las principales problemáticas ambientales relacionadas con el cambio climático en un contexto nacional e internacional y la justificación de la investigación; luego se presentan la metodología y los procedimientos, mediante los cuales se desarrolló esta investigación la instalación de un sistema solar fotovoltaico autónomo; a continuación se describen los principales resultados y aprendizajes, y, finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación y la implementación del sistema.

En cada apartado, el lector encontrará aportes y conocimientos básicos sobre energía solar y mitigación del cambio climático, aspectos que en la actualidad son claves para entender la relación hombre-energía-ambiente. Así, este libro constituye una herramienta útil para la reflexión sobre el rol que actualmente desempeñan los humanos en el compromiso por una racionalidad cultural de lo ambiental. También es una oportunidad para generar escenarios de enseñanza y aprendizaje sobre energías renovables, en especial la energía solar, y para destacar la importancia de construir conciencia ambiental y de emprender acciones para la conservación a partir del aprovechamiento de la energía solar.

Juan Carlos Mendoza Mendoza

Facultad de Educación

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Rectoría Bogotá Virtual y Distancia

Introducción

El libro de energías renovables nace de la oportunidad para abordar un tema actual, de impacto y con mucha proyección para la conservación y la supervivencia. Sabemos que la suma de diversas acciones antrópicas generan contaminación y causan un deterioro constante a la naturaleza, alterando las relaciones establecidas con la vida y en las que se debería reevaluar nuestro papel protagónico en cada una de las situaciones que contaminan. Actualmente uno de los aspectos relevantes es establecer diferentes estrategias que reduzcan la contaminación y los efectos negativos que día a día trae para el planeta el cambio climático.

El cambio climático es una problemática que afecta la composición de la atmosfera incidiendo en el bienestar de la naturaleza y la vida, por lo que una de las alternativas en auge para contrarrestarlo y minimizar su impacto es la implementación de energías renovables, sin duda una oportunidad para aportar a la solución de las problemáticas ambientales que puedan materializarse en un cuidado mutuo generando un mejor lugar para vivir y por su puesto contribuir para que las generaciones futuras tengan mayor calidad de vida.

El contexto anterior es la antesala para que como sociedad podamos aunar esfuerzos para el cuidado de nuestro planeta, por lo que desde la academia, la investigación y el aprendizaje en temas ambientales se propongan acciones que ayuden a mitigar la problemática ambiental que en la actualidad padecemos y que tiene un alcance de orden mundial. Por lo tanto, este libro describe la implementación de un sistema solar fotovoltaico como otra forma de energía más limpia y amigable en un panorama en el que se desborda el consumo de energía a partir de combustibles tradicionales y de diversos factores que en los últimos tiempos contaminantes y alteran la naturaleza.

Este libro tiene como objetivo desde un ejercicio investigativo describir la instalación de un sistema solar fotovoltaico, con la intención de implementar y generar energías más limpias, favorecer la responsabilidad social ambiental y mejorar las prácticas ambientales de los habitantes, por ejemplo; en el uso racional de dos recursos naturales tan importantes como el agua y la luz. Se puede establecer que el sistema solar fotovoltaico genera impactos a nivel económico, social, ambiental y ecopedagógico, este último permitirá que cada uno de los visitantes al bioparque se familiarice y aprenda sobre la energía solar.

El libro se organiza en tres capítulos, el primer capítulo hace hincapié en los antecedentes de la investigación, la implementación de las energías renovables, y la justificación de la misma en lo ambiental. El capítulo dos, describe el proceso metodológico, los materiales y equipos implementados, el itinerario de instalación y lo relacionado con la verificación de la planta solar y por último el capítulo tres, se centra en el rendimiento y funcionamiento del sistema solar fotovoltaico, lo que permite predecir la disminución del consumo de energía eléctrica y el cálculo de emisiones de kg CO₂ que dejan de emitirse.

Resumen

Actualmente existen diversas problemáticas ambientales a nivel mundial, entre las que están la utilización no racional de la energía, la deforestación, la contaminación del agua y la emisión de partículas como el CO₂. Estas y otras formas de contaminación invitan a reflexionar sobre la importancia de implementar las energías renovables. Por lo anterior, este libro se convierte en un referente para el diseño y funcionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaico en el Bioparque la Reserva de Cota, que permita generar energía eléctrica más amigable, eficiente y sustentable con el ambiente.

Esta investigación es de tipo aplicada y beneficia a la diversidad de animales que allí se encuentran. Se realizó la instalación de un sistema solar fotovoltaico autónomo de 1.12 Kw en el que mensualmente se dejan de consumir aproximadamente 3.36 Kw de energía eléctrica y de emitir 37 kg de CO₂ a la atmósfera. Este libro sobre energía solar fotovoltaica es el medio para que el lector aprenda sobre el funcionamiento de un sistema solar, identifiqué la viabilidad de transitar a otro tipo de combustibles no tradicionales, se puedan implementar buenas prácticas de conservación de la biodiversidad y generar otras formas de enseñar y aprender lo ambiental.

Palabras clave: Cambio climático; contaminación ambiental; consumo eléctrico; energías renovables y energía solar fotovoltaica.

Como citar

Norma APA:

Mendoza, J. Aristizábal, E. y González, W. (2022). Energías renovables: Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque la Reserva de Cota. Primera edición. Corporación Universitaria Minuto de Dios -UNIMINUTO. <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-569-0>

Norma Michigan:

Mendoza Mendoza, Juan Carlos, Aristizábal Botero Eduard. y González Páez Wilson Rosenbel. *Energías renovables: Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque la Reserva de Cota*. Primera edición. Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios -UNIMINUTO. 2022. <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-569-0>

Norma MLA:

Mendoza, Juan Carlos, Aristizábal, Eduard. y González, Wilson. *Energías renovables: Implementación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque la Reserva de Cota*. 2022. <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-569-0>

DOI: <https://doi.org/10.26620/uniminuto/978-958-763-569-0>



Capítulo I.

Antecedentes y justificación



Antecedentes de la investigación

Como antesala al tema central de esta publicación, en este apartado se presenta una revisión de los principales antecedentes de investigación, tanto a nivel internacional como en Colombia, sobre las energías renovables, específicamente la solar, y sobre otros temas estrechamente relacionados con la instalación del sistema solar fotovoltaico. Estas fuentes primarias consultadas permiten contextualizar los resultados obtenidos.

Para identificar algunas de las nociones de energía solar, en 2007, el Grupo de Nuevas Actividades Profesionales del Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación de España publicó un documento que proporciona una visión de las últimas realidades científicas, técnicas y comerciales de energía fotovoltaica de generación energética, que sirve de referencia para los profesionales que se inician en esta actividad. Específicamente, el documento aborda el tema de las células solares y sus aplicaciones como una promesa de futuro. Asimismo, describe las particularidades legales y contractuales ligadas a los proyectos de generación fotovoltaica.

Sobre la importancia de la energía solar para mitigar el impacto ambiental a nivel mundial se han llevado a cabo diversas investigaciones. Por ejemplo, la de Estrada y Arancibia (2010), quienes publicaron un estudio sobre la energía solar y sus aplicaciones, en el cual reflexionaron sobre el problema actual de la energía en el mundo y en México y consideraron las energías renovables. En particular,

ellos consideran la energía solar como alternativa para enfrentar el agotamiento de los yacimientos de combustibles fósiles, garantizar la conservación del medio ambiente y permitir el acceso a un desarrollo sustentable. En su artículo se plantea el problema de la energía en México y en el mundo.

Por su parte, el Panel Internacional sobre Cambio Climático, –también conocido también como Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático —IPCC, por sus siglas en inglés—, publicó en 2011 un informe de investigación sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Este informe del IPCC, ofrece un examen completo de estas fuentes y tecnologías, sus costos y ventajas, y su posible función dentro del conjunto de opciones de mitigación.

Respecto a la masificación de las energías limpias y el uso de paneles solares, en el libro titulado *Energía solar para todos*, Alcubierre y Escobedo (2013) sugieren que la energía solar no sea vista como una energía alternativa, sino como una energía accesible que cualquiera puede usar en su casa. Para ello, debemos empezar con la educación y el conocimiento, pues, mientras mejor informados estemos sobre cualquier tema, en este caso sobre energía solar, mejores decisiones se podrán tomar.

En el contexto colombiano, se han publicado también varios trabajos sobre el tema. En uno de ellos, titulado *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare, Ladino* (2011) concluye que este tipo de energía es viable técnicamente para zonas rurales no interconectadas, donde la comunidad está dispersa y alejada de las redes de energía eléctrica convencional, y que en aquellas zonas rurales de difícil acceso o que tienen restricciones de tipo ambiental se debe considerar la competitividad de la energía fotovoltaica comparada con otros energéticos.

Un aspecto clave, que debe considerarse en este caso, es la relación educativa y didáctica para explicar el uso de energía solar. Sobre ello, Arenas y Zapata (2011) realizaron una investigación que además funciona como libro interactivo— sobre la energía solar y sus aplicaciones. Se trata de un trabajo con fines educativos y didácticos, que se llevó a cabo con el propósito de mejorar la enseñanza y el aprendizaje en la asignatura de Generación de Energía, en el programa de Tecnología Eléctrica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

También enfocado en la dimensión educativa de la energía solar, Cárdenas (2013) elaboró una propuesta de enseñanza dirigida a estudiantes de ciclo IV de básica secundaria, mediante la cual se busca promover el conocimiento sobre las fuentes renovables de energía que tienen como fuente primaria el Sol. Su propósito es que, desde la

escuela, los docentes y las nuevas generaciones estudien y profundicen en el estudio de las energías renovables, principalmente la solar, y sean parte activa en la solución de la problemática energética y ambiental que enfrenta nuestro planeta. En este trabajo, se aborda el aprovechamiento de esta fuente renovable para el beneficio de la humanidad, a través del funcionamiento de dispositivos que usan la energía solar y de algunos avances tecnológicos en aparatos que utilizan esta energía.

Otro trabajo, en el que también se instaló una planta solar, fue el de Real y Perilla (2012). Ellos diseñaron una planta de energía renovable, con el objetivo de disminuir los costos de la electricidad e incorporar nuevas tecnologías que son más amigables con el ambiente y, así, en un futuro, reducir los índices de contaminación ambiental. En sus conclusiones, los autores anotan que con la planta solar se redujeron el consumo de energía eléctrica y la contaminación ambiental.

Por otra parte, teniendo en cuenta que existen diversos tipos de energías renovables, algunos autores han empleado en sus investigaciones dos o más tipos de estas. Por ejemplo, Tovar (2014) realizó un estudio con el objetivo de evaluar el impacto ambiental de la energía solar y eólica en la abiota de Colombia. De esta investigación surgió una matriz de valoración de impactos ambientales en el uso de energía eólica y solar de los suelos, aire y agua de acuerdo al contexto social, económico y ecosistémico colombiano.

En cuanto al ahorro como ventaja de la implementación de energía solar, Bonilla (2014) realizó una investigación en la que evaluó la oferta solar potencial para la producción de electricidad en zona rural del municipio de Sogamoso (en el departamento de Boyacá, Colombia). De su evaluación se concluye que la instalación de microrredes de sistemas solares tiene grandes beneficios, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la disminución en los costos por kilovatio generado de forma colectiva.

Sobre las ventajas económicas y ambientales del uso de energía solar se han publicado en Colombia diversos estudios, como el de Guevara y Pérez (2015), quienes desarrollaron un estudio sobre la viabilidad del suministro de energía eléctrica a la granja La Fortaleza, ubicada en Melgar (departamento del Tolima, Colombia), mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico. Su estudio incluyó el análisis financiero y la evaluación de los beneficios ambientales de sustituir el suministro energético que en ese momento utilizaba la granja por el suministro mediante energía solar. Se concluyó que la instalación del sistema solar fotovoltaico era viable, dadas las condiciones climáticas diagnosticadas —radiación solar, temperatura y precipitación del lugar— y las condiciones técnicas requeridas. Sin embargo, los resultados del análisis financiero indicaron que el ahorro por costo de electricidad no era suficiente para amortizar la inversión.

Por otra parte, Méndez y Rivera (2015), evaluaron el potencial del uso de la energía en el campus de la Universidad ICESI. Puntualmente, el propósito de esta investigación fue evaluar el potencial de la implementación de un sistema fotovoltaico aislado que supliera la demanda energética de la comunidad universitaria, y se concluyó que el uso de energías alternativas, como la solar, es una posibilidad para generar energía eléctrica.

López (2015) describe cómo determinar la finalidad del proyecto y factibilidad con la implementación de paneles solares. El investigador analizó la viabilidad de la instalación e implementación de sistemas de paneles solares en el departamento de La Guajira como alternativa para el mejoramiento de la calidad de vida de la población, por ser este un sistema de generación limpia. Con el tipo de servicio de distribución de energía que se presta en la actualidad en la región estas poblaciones se ven afectadas constantemente con los cortes de luz, que pueden ser prolongados, y, por esta razón, podría considerarse el suministro de energía solar, que sería quizás más estable y autónomo

En otro trabajo, relacionado con energía solar fotovoltaica, Torres y Robledo (2015) estudiaron los factores ambientales y las condiciones de acceso al servicio de energía eléctrica para determinar cuáles de ellos mejoran o promueven la construcción de vivienda saludable, y propusieron una solución adaptable al contexto de Girardot: el diseño de un sistema de utilización de la energía solar fotovoltaica como medio de abastecimiento eléctrico. En este trabajo, los autores destacan los beneficios para el medio ambiente y la economía del hogar, pues, aunque al principio la inversión monetaria es alta, a largo plazo se recupera, y, finalmente, reconocen el potencial en energías renovables con el que cuenta no solo la ciudad de Girardot, sino Colombia en general.

Por su parte, Robayo (2016) menciona la energía solar como asunto global, en su trabajo *Energías renovables: "La nueva economía" y su impacto ambiental*, señala la importancia y la eficiencia de las energías renovables, cuyo potencial es inagotable. Esta autora se refiere a las ventajas que supone su desarrollo, así como a su manejo y optimización para el buen aprovechamiento de los recursos naturales.

Sanes y Castaño (2017) implementaron una propuesta para la terminal del Norte en Medellín, sobre un sistema de generación de energía eléctrica a través de paneles solares, con el fin de disminuir costos e igualmente describir los diferentes impactos ambientales que se generan por el uso de energía eléctrica producida por los métodos tradicionales.

Méndez et al. (2018) desarrollaron un proyecto con el propósito de demostrar que el uso de paneles solares es una alternativa de solución a los problemas de energía convencional que presenta el municipio de

Planeta Rica-Córdoba. Ellos tomaron como plan piloto la urbanización Primero Planeta, de Planeta Rica, para posteriormente socializarlo al resto de la comunidad, presentándolo como una fuente de energía ecológica y de menor costo.

También Gómez (2018), publicó un trabajo sobre la implementación de un sistema de energía solar para la operación de los equipos eléctricos de la oficina de Bienestar Universitario de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, en la sede de Girardot, con el objetivo de promover la producción propia de la energía necesaria para su consumo. Esta acción contribuye al mejoramiento ambiental, disminuye la emisión de gases contaminantes a la atmosfera y constituye una reducción importante en los costos relacionados con el consumo de energía.

Preocupación mundial por el medio ambiente

La evidencia científica muestra una relación directa de los gases efecto invernadero con el aumento de la temperatura media del planeta. El promedio global de la temperatura combinada de la superficie y el océano muestra un aumento, en un rango de 0,8 a 1,2 °C, durante el periodo 1880-2012, respecto a la era preindustrial. El aumento de la temperatura genera cambios importantes en el clima global, como modificaciones en los patrones de precipitación, cambios en la intensidad o en la frecuencia de eventos climáticos extremos, reducción de la criósfera y aumento del nivel de mar (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2018).

Un mayor consumo de energía no renovable induce un aumento de las emisiones, sobre todo, en sectores como la generación de energía eléctrica, el transporte, la industria y el sector agropecuario. Esta situación representa una restricción importante para el objetivo de mediano plazo de generar un cambio en la matriz energética del país [México] hacia una senda de desarrollo sustentable que incluya una menor intensidad de carbono. Por otra parte, el cambio hacia las energías renovables permitiría reducir el impacto en la volatilidad de los precios de los combustibles en los precios domésticos. (Catalán, 2020, p. 79)

Si bien la transición hacia las energías renovables es un trabajo de largo plazo, la tendencia en diversos países es a invertir en estas tecnologías, dadas las metas de reducción de impacto ambiental, los apoyos gubernamentales y el gasto en investigación y desarrollo que ha resultado en costos decrecientes para todas las tecnologías (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2015).

La energía solar como alternativa para mitigar los efectos ambientales de la producción energética

Existen múltiples preocupaciones relacionadas con el incremento de la contaminación ambiental en sus diversas formas y lugares, por lo que el uso de las energías renovables, en especial la energía solar, se convierte en una opción para contribuir a la reducción de la contaminación. Entre estas fuentes, la más conocida es la energía solar, ya que se ha estudiado ampliamente cómo convertir la luz solar en electricidad. Este proceso se logra con materiales como el silicio, que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones. Cuando estos electrones libres son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que se puede utilizar como electricidad. Así funcionan los paneles solares, que están compuestos por módulos —ubicados en serie en su interior—, y membranas que permiten el flujo de energía de positivo a negativo (Castrillón y Carrillo, 2021).

Para comprender el fenómeno de la energía eléctrica es fácil remitirse a un libro de física y estudiar sus interacciones electromagnéticas, y la interacción entre cargas negativas y positivas, sin embargo, para entender la generación de forma general nos remitimos a la definición que denomina a la energía eléctrica como la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos, y obtener trabajo. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía tales como la luz, la energía mecánica o térmica. (Chinchilla y Salinas, 2022, p. 29-30)

La energía eléctrica ha representado un desarrollo tecnológico de gran impacto en el crecimiento económico de la humanidad y actualmente constituye aproximadamente el 65 % de la producción de energía a nivel mundial. Sin embargo, aunque la instalación de plantas de generación de energía eléctrica a partir del petróleo, gas y carbón pareciera bastante atractiva, al evaluar la inversión neta en este sector durante los últimos años, se observa que las inversiones en energía renovable para la generación adicional de energía eléctrica presentan un mayor incremento que las inversiones para generar más combustibles fósiles. (Beltrán et al., 2017, p. 106)

Aprovechamiento pasivo de la energía solar

El cambio climático que se observa en la actualidad, como consecuencia del incremento de los gases de efecto invernadero, sugiere que es tiempo de cambiar la forma como se consume y se produce la electricidad. Además, la crisis energética ha sido uno de los problemas más graves a los que nos enfrentamos en los últimos años. Por ello, el uso de fuentes renovables de energía ha cobrado cada vez mayor importancia, pues estas desempeñan un papel primordial para hacer frente a las necesidades y problemas actuales relacionados con la producción energética.

No se podría hablar de evolución tecnológica en un Sistema de Generación de Energía Solar Fotovoltaica en Colombia, sin tener en cuenta uno de los factores más relevantes del mismo, como lo es el medio por el cual la energía generada por el sistema puede ser utilizable, esto sumado a que la mayor inversión está en la Red de Interconexión Eléctrica, ahí es donde Colombia es uno de los países más tecnificados y con mayor cobertura del mundo, gracias al constante desarrollo en este campo, hoy los generadores de energía cuentan con una red de interconexión nacional e internacional, que les permite evacuar la energía producida desde cualquier parte del país, y llevarla al consumidor a cualquier parte del país. (Velasco y Salazar, 2019, p. 4)

Implementación de la energía fotovoltaica

La utilización de la luz solar como fuente de energía puede ser térmica o fotovoltaica. La diferencia entre una u otra forma de conversión reside en que, en la primera, el *módulo fotovoltaico* convierte la luz solar en electricidad para cada intervalo de frecuencia, mientras que, en la segunda, el cuerpo que absorbe la luz se emite radiación al calentarse, de acuerdo con la ley de Stefan-Boltzmann (Álvarez, 2015).

El *efecto fotovoltaico* es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por *fotones*, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula fotovoltaica, pueden ser reflejados, absorbidos, o pueden pasar a través de él. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. (Fernández y Cervantes, 2017, p. 17)

En América Latina, las emisiones de gases de efecto invernadero provienen principalmente del sector energético, con 46% del total. El 75% de la demanda energética en la región sigue siendo abastecida con insumos de origen fósil (41%, petróleo; 29 %, gas natural; 4 %, carbón, y 1 %, nuclear) y solo el 25 % se abastece con energía renovable, de la cual el 14 % proviene de biomasa (básicamente sólida), 8% de hidroenergía y 3 % de otras fuentes (Bárcena et al., 2018).

Colombia, por su parte, necesita fortalecer políticas relacionadas con la energía fotovoltaica que favorezcan la transferencia de conocimiento, así como innovaciones sociales cada vez más amigables con lo ambiental. Por ello, se debe permitir el desarrollo de proyectos de energía solar a pequeña, mediana y gran escala, que permitan responder a los desafíos ambientales del futuro. (Mendoza, 2020).

Los paneles solares y la generación de energía eléctrica

Según Arencibia-Carballo (2016), la energía solar fotovoltaica constituye una fuente de energía renovable, que puede usarse para la generación de electricidad, mediante el uso de paneles solares

fotovoltaicos. Estos convierten la radiación solar en electricidad, haciéndola aplicable a múltiples actividades de la vida. Los paneles solares se fabrican hoy en formato de módulos independientes grandes y pequeños, lo cual facilita su aplicación y uso en diferentes casos. Ya sea en campos abiertos, azoteas o pequeños techos de industrias o edificios de oficinas, el uso de estos paneles requiere un mantenimiento mínimo y poco exigente. Se trata, además, de una tecnología limpia, que no contamina, pues no emite humo y, por ende, no genera dióxido de carbono ni otros gases cuyo efecto sea negativo.

Energías renovables en Colombia

La sociedad moderna demanda profundas transformaciones sociales para minimizar el impacto de la contaminación ambiental, que traen consigo un sinnúmero de cambios y realidades que lentamente van comprometiendo la relación del hombre con la naturaleza. Como lo señala Fouquet: “A comienzos del siglo XIX, el 95 % de la energía consumida fue aportada por medios renovables. Entrado el siglo XX, su participación disminuyó a un 38 % y a inicio de este siglo sólo representó el 16 %” (Citado por López y López, 2020, p. 91).

En la actualidad, son evidentes las consecuencias del cambio climático sobre la población mundial. Y ante ello, como lo señalan Martínez y López (2021), la meta es clara: “Las naciones deben cooperar para mantener por debajo de los 2 °C el aumento de la temperatura global, e incluso, más ambiciosamente, buscar limitar el aumento por debajo de los 1,5 °C sobre los niveles preindustriales” (p. 5).

A algunas personas no les basta con la deforestación, la contaminación del aire y el consumo excesivo de fuentes de energías tradicionales, el uso continuo e imparable de la energía eléctrica y la utilización de combustibles tradicionales en el sistema de transporte; cada día se consolidan industrias que contaminan y generan cada vez más problemas y dejan a corto plazo un futuro desalentador.

Frente a este panorama, Colombia ha formulado algunas normas y políticas nacionales. Entre las primeras, está la Ley 1715 de 2014, que introduce al sistema energético el uso de fuentes no convencionales de energía o energías renovables, con el fin de hacer la reducción de gases de efecto invernadero en nuestro país, para así contribuir a la mitigación del cambio climático que está viviendo el planeta. Esta y otras normas relacionadas con la implementación de nuevas formas de energía limpia (tabla 1), han permitido a diversas empresas públicas y privadas iniciar proyectos de este tipo, por ejemplo, en zonas no interconectadas y con gran radiación solar.

En cuanto a políticas nacionales, el Plan de Desarrollo 2018-2022. menciona el compromiso de las actividades productivas con la

sostenibilidad, la reducción de impactos ambientales y la mitigación del cambio climático. Todo ello se logra a partir del uso eficiente de los recursos naturales, las materias primas y la energía, con esquemas de economía circular basados en la ciencia, la innovación y la adopción de tecnologías.

Sin embargo, el país ha tenido una implementación muy lenta del uso de energías renovables, pues son pocos los espacios y recursos que fomentan la innovación y la investigación al respecto. En consecuencia, hay poca capacidad para autogenerar energía eléctrica.

Tabla 1. Normativa sobre el uso de energías limpias en Colombia

| Normas | Objeto |
|------------------------------|---|
| Ley 697 de 2001 | Sobre uso eficiente y racional de energía |
| Ley 788 de 2002 | Exime del impuesto a la renta a las ventas de energía con fuentes renovables |
| Ley 1665 de 2013 | Por medio de la cual se aprueba el “Estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena)” |
| Ley 1715 de 2014 | Marco normativo para incentivar y promover el desarrollo y uso de fuentes de energía no convencionales en Colombia |
| Decreto 2469 de 2014 | Lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración |
| Decreto 2492 de 2014 | Disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda |
| Decreto 1623 de 2015 | Expansión y cobertura en el Sistema Interconectado Nacional y en las zonas no interconectadas. |
| Resolución 281 de 2015 | Límite máximo de autogeneración a pequeña escala |
| Decreto 2143 de 2015 | Reglamentación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014 |
| Resolución 045 de 2016 | Procedimiento para certificación a proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE) para acceder a incentivos tributarios Ley 1715 de 2014 |
| Resolución 143 de 2016 | Registro de proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE) en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) |
| Decreto 348 del 2017 | Lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración de pequeña escala |
| Resolución 703 de 2018, UPME | Procedimiento y requisitos para obtener la certificación que avala los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención de gravamen arancelario |
| Resolución 30 de 2018 | Regula las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional |

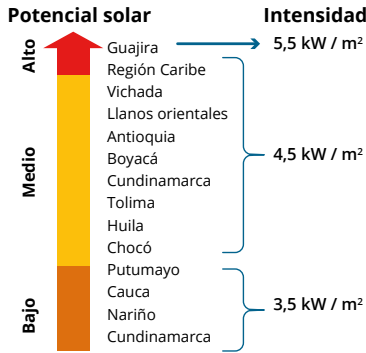
| Normas | Objeto |
|------------------------------|---|
| Decreto 829 de 2020 | Reglamenta los artículos 11 al 14 de la Ley 1715 de 2014, modifica y adiciona el Decreto número 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria, y deroga algunos artículos del Decreto 1073, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. |
| Resolución 203 de 2020, UPME | Requisitos y procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía (FNCE) |
| Ley 2036 de 2020 | Promueve la participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación de energías alternativas renovables |
| Decreto 421 de 2021 | Adiciona el Decreto 1073 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, en lo relacionado con las transferencias del sector eléctrico con destino a los municipios y distritos beneficiarios |
| Resolución 10179 de 2021 | Convoca a la subasta de contratación de largo plazo para proyectos de generación de energía eléctrica, y define los parámetros de aplicación |
| Ley 2099 de 2021 | Disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético y la reactivación económica del país |

Fuente: Cámara de Comercio de Cali (2016) y UPME (2021).

Radiación solar en Colombia

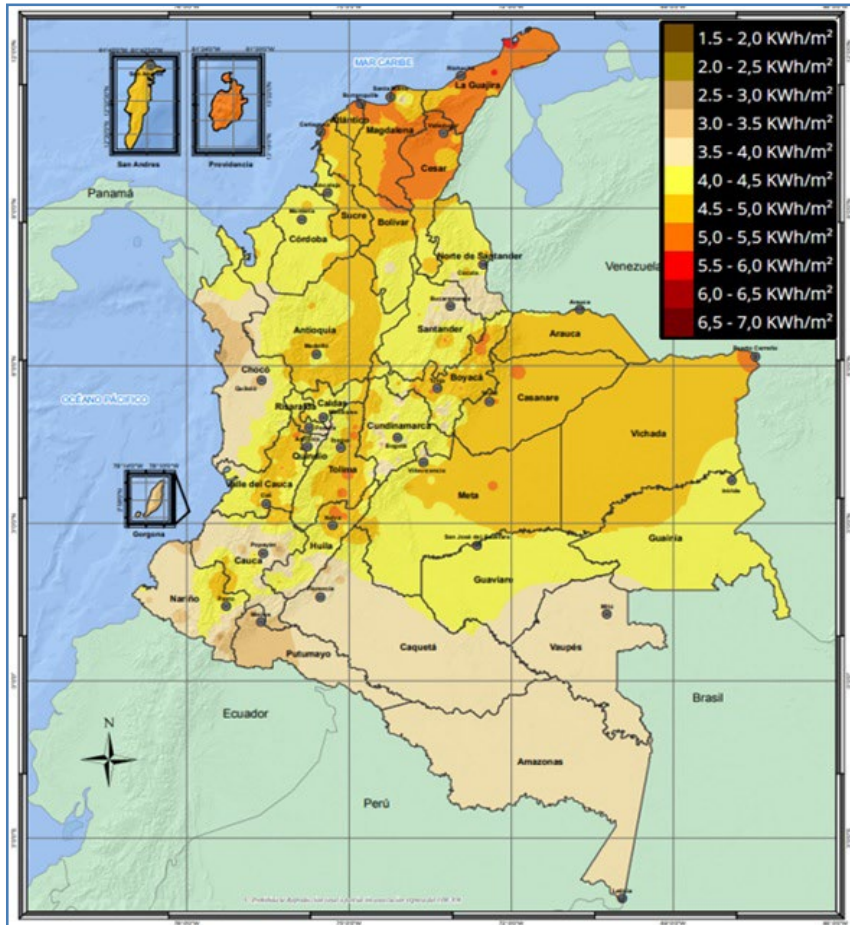
Para el diseño y la predicción del rendimiento de un dispositivo de energía solar, el principal parámetro es la radiación solar global sobre la superficie horizontal en el lugar de interés (Olejua y Navarro, 2020). La medición de la radiación solar se realiza en forma instantánea como el cociente entre la cantidad de energía solar incidente en la unidad de área y de tiempo o integrada durante un lapso que normalmente es de un día. En Colombia, la radiación solar cambia según los departamentos (figura 1), por lo que el país tiene una radiación solar entre 1,5-2,0 kWh/m² a 6,5-7,0 kWh/m² (figura 2), y cuenta con diversos tipos de estaciones meteorológicas, dotadas de instrumentos para medir, entre otras variables, el brillo solar, la temperatura y humedad. Algunas estaciones se encuentran en zonas que presentan problemáticas sociales de diversa índole o violencia, de tal manera que las condiciones particulares afectan el adecuado funcionamiento de los instrumentos y la continuidad en la toma de datos, lo cual hace que se pierda información climática valiosa de algunos meses o incluso años completos (UPME e IDEAM, 2005).

Figura 1. Rangos de radiación solar en algunos departamentos de Colombia



Fuente: (Prias, O., 2018).

Figura 2. Radiación solar en Colombia



Fuente: Atlas de Radiación Solar. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2005).

Justificación de la investigación

En Colombia, como lo mencionan García et al. (2020), algunos lugares no pueden ser conectados a la red de transmisión nacional debido a problemas de viabilidad económica de la infraestructura necesaria. Estos constituyen las llamadas *zonas no interconectadas* (ZNI).

La penetración de GD [generación distributiva] en Colombia se encuentra en un estado incipiente, dado que aprovechando el potencial hídrico del país se ha explotado principalmente la generación de energía basado en grandes hidroeléctricas y, en otros casos, se han aprovechado las fuentes de agua que permiten la construcción de pequeñas plantas de generación. (García et al., 2020, p. 81)

Por consiguiente, es necesario impulsar investigaciones que promuevan la utilización de la energía solar, para aprovechar que esta es gratis y ha estado disponible desde siempre.

Dicho contexto fue el punto de partida para el planteamiento de esta investigación, que se llevó a cabo con la intención promover el desarrollo y la utilización de fuentes no convencionales de energía, en este caso, la energía solar, con el propósito de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, disminuir el consumo de energía eléctrica, impulsar el desarrollo de innovaciones tecnológicas amigables con lo ambiental y ser referente para incentivar el uso y la apropiación de sistemas solares fotovoltaicos en las comunidades aledañas al Bioparque La Reserva de Cota.

Actualmente existen diversas problemáticas ambientales a nivel mundial, como la utilización irracional de la energía, la escasez de agua y la contaminación ambiental por CO₂. Estos antecedentes invitan a reflexionar sobre la importancia de actuar en favor de nuestro ambiente. En Colombia, algunas regiones están favorecidas por el espectro de la radiación solar, como es el caso de Cundinamarca, región en la que el agua es un recurso costoso y, en algunas zonas rurales, escaso, debido a sus condiciones geográficas. Teniendo en cuenta lo anterior, se planteó una investigación sobre energía solar en el Bioparque La Reserva de Cota.

En esta investigación se aborda la sustitución de los combustibles fósiles que conocemos por otras fuentes de energía más limpias, entre las cuales, la energía solar es la más abundante, renovable, disponible, y que se encuentra en cantidades muy superiores a las necesidades energéticas de la población mundial. Por lo tanto, el problema de investigación surge de la ausencia de implementación de energías limpias que contribuyan a una responsabilidad ambiental con el uso del agua y el ahorro de energía convencional. De acuerdo con lo anterior, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿De qué manera el aprovechamiento de la energía solar puede generar energía eléctrica en el Bioparque La Reserva de Cota?

El cambio climático es una realidad que viene afectando la salud y la alimentación de la población mundial, y que ha provocado la pérdida de flora y fauna en los ecosistemas del planeta. De toda esta problemática ambiental, el principal causante es el ser humano. Tal panorama invita a proponer ejercicios que reduzcan todas las acciones humanas que perjudican al medio ambiente y, por ello, se llevó a cabo esta investigación, con el fin de incentivar el uso de energías renovables y promover en la comunidad el ahorro y la austeridad en el consumo de combustibles. Específicamente, se busca promover el uso de la energía solar fotovoltaica (ESFV), mediante el uso de paneles solares fotovoltaicos (PSFV) que convierten la radiación solar en electricidad, una manera de generar energía eléctrica que es aplicable a múltiples actividades (Arencibia-Carballo, 2016).

Para nuestro país, el problema del cambio climático no es desconocido, máxime cuando el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 incluye un pacto por la sostenibilidad. Producir conservando y conservar produciendo son los retos encaminados al compromiso con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático. Se pretende, por tanto, tomar acciones que prioricen opciones de desarrollo e innovación. De ahí la pertinencia de la instalación de un sistema solar fotovoltaico que permita generar energía eléctrica en el Bioparque La Reserva de Cota, puesto que de ello se derivarán beneficios económicos y sociales que redunden en un saber accionar en materia ambiental.



Capítulo II. Metodología y procedimiento de instalación



Investigación aplicada

En la búsqueda de un método para la generación de energía eléctrica, se empleó una metodología de investigación aplicada, de tipo tecnológico, de tal manera que, en la primera fase, se recogió información teórica y se revisaron diferentes fuentes literarias relacionadas con energía solar y cambio climático. A partir de estos insumos, se desarrolló la segunda fase, que consistió en la instalación de un sistema solar fotovoltaico teniendo en cuenta todas las normas de seguridad y la normatividad eléctrica vigente para Colombia.

La investigación aplicada, según Lozada (2014), es un proceso que permite transformar el conocimiento teórico que proviene de la investigación básica en conceptos, prototipos y productos. La elaboración de conceptos debe contar con la participación de los usuarios finales y la industria, para que responda a las necesidades reales de la sociedad.

En este caso, la investigación aplicada se materializó en el diseño e implementación de un producto final: la instalación y funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico. Para ello, partimos de una realidad: el cambio climático, que es una problemática mundial, debida en gran parte al uso de combustibles tradicionales, el consumo de energía eléctrica y las emisiones de dióxido de carbono. Con el prototipo instalado se pretende reducir todos estos factores mediante el uso de una energía limpia y renovable, como lo es la energía solar fotovoltaica.

Según Escudero y Cortez (2018), la investigación aplicada se conoce también como investigación práctica o empírica, y se caracteriza porque

toma en cuenta los fines prácticos del conocimiento. El propósito de este tipo de investigación es el desarrollo de un conocimiento técnico que tenga una aplicación inmediata para solucionar una situación determinada. Este concepto de investigación aplicada guarda relación directa con el trabajo que se desarrolló en este caso, ya que un conocimiento sobre redes y sistemas eléctricos se llevó a la práctica y se materializó en la instalación de un sistema solar fotovoltaico. Este proceso investigativo permitió que una comunidad reflexionara y propusiera soluciones a partir de los conocimientos adquiridos.

Investigación tecnológica

Uno de los tipos de investigación aplicada es la investigación tecnológica. Esta, según Lara (2012), tiene como fin obtener un conocimiento para lograr modificar la realidad en estudio, vinculando para ello la investigación y la transformación. Persigue un conocimiento práctico, que sea más un conjunto de instrucciones que deban seguirse para transformar el objeto. Lo relevante es obtener una aplicación práctica del saber para alcanzar, de la mejor manera posible, los objetivos deseados.

Como resultado de una investigación tecnológica se obtiene información que establece con detalle: acciones, requisitos, características, materiales, costos, participantes, responsables, métodos y demás circunstancias que describen el qué y el cómo, con lo que se promueve el logro de objetivos, generalmente predeterminados en el área de la producción. Esta investigación se desarrolló en un periodo de 12 meses, distribuido en cinco fases (tabla 2).

Tabla 2. *Fases de la investigación*

| Fases | Actividad | Acciones |
|---------|--|---|
| Primera | Diagnóstico de las condiciones climáticas del Bioparque La Reserva de Cota | Se realizaron registros climáticos de radiación solar, velocidad del viento y pluviosidad. |
| Segunda | Determinación de las cargas a energizar eléctricamente | Se hicieron cálculos eléctricos de la demanda actual de un refrigerador y dos luminarias LED. |
| Tercera | Diseño del diagrama unifilar | Se estableció la topología de instalación e identificación de adaptaciones para cubrir la demanda de la energía. |
| Cuarta | Instalación del sistema solar fotovoltaico | Se diseñó un cronograma de trabajo para la instalación de los paneles solares, armario con dispositivos y cableado eléctrico. |
| Quinta | Verificación de funcionamiento del sistema solar fotovoltaico | Se llevó a cabo una visita de verificación del funcionamiento sistema. |

Fuente: (Mendoza, J. 2019).

En el desarrollo de esta investigación, se requirieron materiales y equipos especializados que, a medida que se ensamblaron e interrelacionaron entre sí, configuraron la totalidad del sistema solar fotovoltaico. Cada uno de estos equipos debía cumplir con ciertas especificaciones y normas, además de responder a cargas específicas de energización.

Cada equipo y su ensamble hasta configurar el sistema solar fotovoltaico demandó gastos que se distribuyeron de la siguiente forma: materiales, equipos especializados, adecuaciones del lugar de instalación y honorarios del personal cualificado que realizó la instalación. El costo total de sistema fue de \$18.500.000 COP. Para la instalación del sistema, el personal desempeñó diferentes roles: personal experto en las mediciones climáticas, en la instalación de redes eléctricas, en los cálculos y beneficios ambientales y en el diseño y modelado de la instalación. A continuación se describen el área de estudio, la instalación, los componentes y el itinerario de instalación del sistema solar fotovoltaico.

Área de estudio

El área de estudio se localiza en el Bioparque La Reserva de Cota, vereda el Abra, municipio de Cota, departamento de Cundinamarca (Colombia) (figura 3). Cuenta con una extensión aproximada de 19 ha., parte de las cuales se utilizan para la representación de cinco ecosistemas de algunas regiones de Colombia (bosque seco tropical, bosque alto andino, bosque andino bajo y piedemonte, humedales de la sabana y selva húmeda tropical) (Martínez y Ortiz, 2014).

Figura 3. Área de estudio



Fuente: (Mendoza, J. 2019) Elaboración con Software ArcGISv. 10.5.

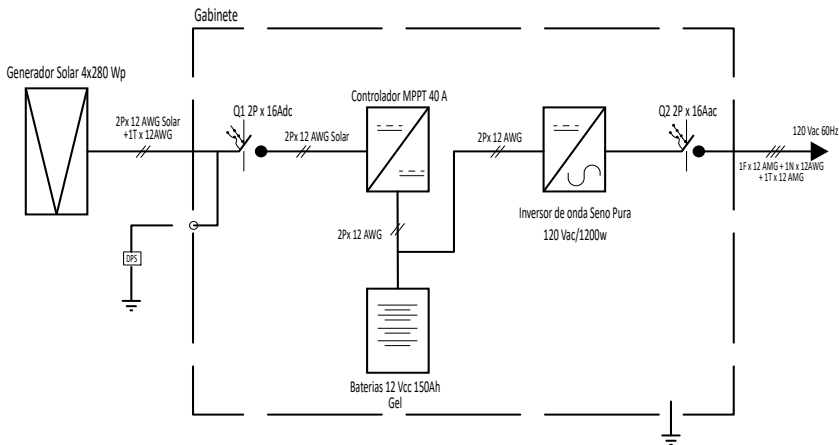
Descripción de la instalación

La instalación de un sistema solar fotovoltaico demanda el cumplimiento de ciertos requisitos operacionales y legales. Entre los aspectos operacionales que se deben tener en cuenta están todos los factores físicos, mecánicos, ambientales y de riesgo. Desde el punto de vista legal, se debe determinar si el sistema fotovoltaico funciona de manera autónoma o estaría conectado a la red eléctrica existente en el lugar de instalación.

Otro aspecto para tener en cuenta es el conocimiento previo del funcionamiento de las partes eléctricas que componen el sistema. Es preciso, entonces: 1) estar familiarizado con los componentes de la planta solar en su totalidad; 2) tener conocimientos básicos sobre instalación de sistemas solares fotovoltaicos; 3) efectuar un reconocimiento del lugar que permita identificar los puntos geográficos del sitio, la ubicación de los paneles solares y los respectivos ajustes que se deban hacer al techo para montar la estructura metálica que soportará los paneles. Es importante determinar en qué lugar estarán ubicadas las baterías, por donde pasarán los cables y, finalmente, cuáles son los elementos que se quieren iluminar.

Sin lugar a dudas, el componente eléctrico es esencial. Por eso, para la instalación del sistema solar fotovoltaico en el Bioparque La Reserva de Cota, se realizó una representación gráfica de la instalación eléctrica, en la que se muestran las convenciones del sistema y los elementos y dispositivos eléctricos más importantes de la planta solar. El esquema completo, que se puede apreciar en el diagrama unifilar (figura 4), permite interpretar por dónde se conduce y hasta dónde llega la electricidad.

Figura 4. Diagrama unifilar del Bioparque la Reserva de Cota



Fuente: (FUNCENER, 2019)

Componentes del sistema solar fotovoltaico

El sistema solar fotovoltaico tiene unos componentes eléctricos específicos que, en conjunto, garantizan el funcionamiento de la planta solar. Los componentes del sistema solar se clasifican en tres subcomponentes: 1) el de generación, que transforma la energía solar en electricidad; 2) el de almacenamiento, que acumula la energía eléctrica; 3) el de control, que verifica el sistema fotovoltaico y registra el correcto funcionamiento. A continuación, se describen los componentes más relevantes de un sistema solar fotovoltaico (tabla 3).

Tabla 3. Componentes del sistema solar fotovoltaico

| Componente | Actividad | Acciones |
|-----------------|---|--|
| Paneles solares |  | Para la generación de energía solar fotovoltaica, se instalaron 4 paneles. |
| Regulador solar |  | Se utilizó un regulador de carga solar MMPP. con corriente máxima de 40 A. |
| Inversor |  | Se implementó un inversor de onda sinusoidal pura de 24 V / 1200 W 60 Hz. |
| Baterías |  | Se instalaron cuatro baterías solares estacionarias de 12 V/ 150 Ah, de ciclo profundo, las cuales tienen una autonomía de 3 a 4 días. |
| Protecciones |  | Se instaló protección termomagnético bipolar de 16 A DC en la entrada de los paneles y a la salida del inversor. |
| Conductores |  | Se usó conductor solar para tierra, para la instalación de las baterías y para la salida de AC del inversor. |

Fuente: (Mendoza, J. 2019)

Sistema solar fotovoltaico: red eléctrica convencional o red eléctrica aislada (autónoma)

Un sistema solar fotovoltaico es un conjunto de componentes — en su mayoría eléctricos— que, relacionados entre sí, tienen la función de convertir la radiación solar en energía. El sistema solar autónomo instalado en el bioparque es un sistema de almacenamiento o acumulación, que genera energía eléctrica las 24 horas del día, lo que garantiza la disponibilidad de esta hasta por tres días en caso de que exista una suspensión o corte de energía.

Los sistemas solares fotovoltaicos pueden implementarse de dos formas. La primera es la conexión a una red eléctrica convencional (*on grid*); la segunda es una instalación aislada de la red eléctrica (*off grid*) o sistema autónomo.

Los sistemas conectados a la red (*on-grid*) son los más simples y menos costosos de instalar. Estos pueden tener o no una batería de respaldo. En los sistemas *on grid* sin batería de respaldo, la energía generada es consumida por la carga o depositada en la red, pero en cuando no se cuenta con intensidad lumínica (noche) y la red es interrumpida, la carga quedará sin energía (Camacho, 2012).

La energía generada con sistemas fotovoltaicos también puede utilizarse para asegurar el suministro de energía eléctrica con independencia de la red eléctrica (*off grid*). Esta energía es almacenada en un banco de baterías, las cuales abastecerán en periodos sin incidencia solar. En este tipo de instalación, además de los módulos solares, se necesita un inversor, un regulador de carga y baterías recargables (Camacho, 2012).

En este caso, se instaló una red eléctrica aislada o autónoma. La palabra *autónoma* se refiere a que la energía que proviene de la energía solar se almacena en las baterías. La carga de las baterías es regulada por el regulador y, posteriormente, el inversor transforma la energía almacenada de corriente continua a corriente alterna para suministrar energía, en este caso, a un congelador y dos bombillos LED. Lo anterior puede describirse a través de un esquema de instalación del sistema solar autónomo (figura 5).

Figura 5. Esquema de instalación del sistema solar autónomo



Fuente: (Mendoza, J. 2019)

Instalación del sistema solar fotovoltaico

Antes de instalar sistema solar fotovoltaico, es importante registrar las mediciones ambientales y hacer cálculos eléctricos con equipos especializados (figura 6). En este caso, se registraron las siguientes mediciones climáticas: radiación solar, temperatura ambiente, pluviometría, porcentaje de humedad relativa y estudio de la cinemática solar.

Un concepto clave es el de *radiación solar*, que se define como la energía que viene del sol hacia la tierra. La radiación se mide en kWh/m² (kilovatios hora por metro cuadrado). Esa radiación solar empleada para la producción de energía eléctrica se denomina *energía solar fotovoltaica*.

Otro aspecto relevante en cuanto a las mediciones climáticas fue la consulta del Atlas de Radiación Solar, elaborado por el IDEAM. En él se pudo identificar que el promedio de radiación solar global en la zona de Cota es de 4, a 4,5 kWh/m². Con este dispositivo se identificó que el potencial de la zona está alrededor de los 3 kWh/m² diarios.

Figura 6. Registro de mediciones climáticas



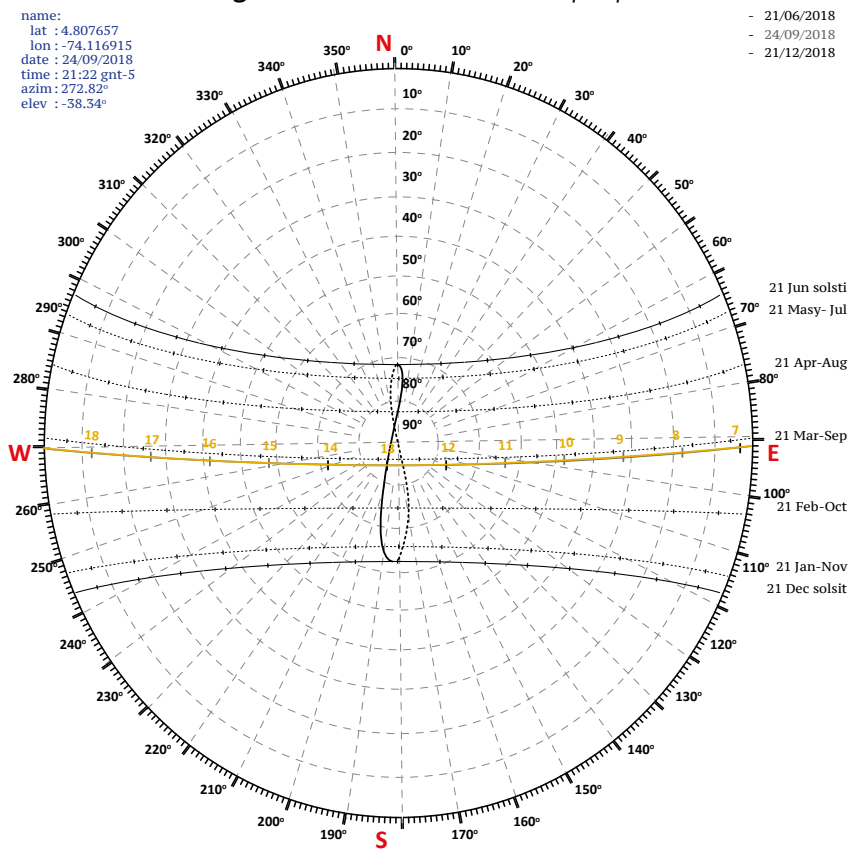
Fuente: (Mendoza, J. 2019)

Selección del lugar

La elección del lugar para la instalación del sistema solar fotovoltaico fue otro aspecto importante del proceso. Con los datos de las mediciones climáticas se procedió a identificar un espacio en el que el armario (lugar donde se alojan los componentes del sistema) pudiera estar resguardado, que el cableado estuviera en lo más alto y, aunque fuera por tubería fijada en la pared, en lo posible, no quedara a la intemperie. Asimismo, se tuvo en cuenta que los paneles solares deben quedar libres de cualquier objeto que produzca sombra e impida recibir directamente los rayos de sol.

Para seleccionar el lugar, se procedió entonces con un estudio de cinemática solar, con el fin de buscar una correcta orientación e inclinación de los paneles. El estudio de cinemática solar en las coordenadas 4°48'29,67" N 74°07'00.51" W, permitió analizar el comportamiento del sol en las coordenadas donde se iban a instalar los paneles solares (figura 7).

Figura 7. Cinemática solar del bioparque



Fuente: (FUNCENER, 2019)

Los paneles pueden instalarse de dos formas: a través de un poste o en el techo de la casa. En este caso, teniendo en cuenta los resultados de las mediciones climáticas, la cinemática solar del bioparque y los registros eléctricos de los electrodomésticos, se decidió instalar el panel en el techo de la cocina del restaurante (figura 8).

Figura 8. Lugar seleccionado para la instalación del sistema solar fotovoltaico



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Tipos de cargas para alimentar eléctricamente

En cuanto a los cálculos eléctricos, se realizó el registro de carga eléctrica a los electrodomésticos y luminarias del lugar en el que se instaló sistema solar fotovoltaico. Entre los impactos esperados con la instalación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque La Reserva de Cota, se había considerado el contribuir con el ahorro de energía, dado que el consumo de energía eléctrica allí es alto, pues algunas especies animales se monitorean 24 horas, 7 días a la semana; otras especies necesitan calefacción, y algunas aves requieren de una dieta especial. Se decidió energizar la cocina del restaurante, con el fin de generar energía para un congelador en el que se almacena la alimentación de algunas especies animales) y dos luminarias LED. A los dispositivos y artefactos eléctricos que se energizarían a partir del sistema solar fotovoltaico se les determinaron los voltajes y potencias.

Durante el proceso de instalación, se sugirió cambiar el congelador por una nevera *no frost*, porque el congelador que había demandaba mucha energía. Finalmente, se energizaron las curvas de consumo del congelador y las lámparas LED. En cuanto a las luminarias, dos lámparas incandescentes que no eran eficientes y consumían mucha energía se cambiaron por luminarias LED, que pueden ahorrar aproximadamente un 80 % de energía en comparación con las lámparas tradicionales. Las cargas del congelador son de 1500 Wh y la de las lámparas LED es de 288 Wh, por lo que en total se debe generar 1788 Wh/día.

Itinerario de la instalación

El montaje del sistema solar fotovoltaico se llevó a cabo en cuatro días. El primer día se arribó con los materiales requeridos para la instalación y se colocó la tubería que lleva el cableado. El segundo día se subieron los paneles solares al techo, se realizaron todas las conexiones eléctricas. El tercer día se hizo la conexión eléctrica con el congelador y las luminarias. Posteriormente, se hizo una cuarta visita para verificar el funcionamiento y rendimiento del sistema solar fotovoltaico.

Primer día de instalación: arribo con todos los materiales e instalación de tuberías

La primera visita se inició con el arribo de todos los materiales e insumos requeridos para la instalación del sistema solar (figura 9). Posteriormente, se hicieron orificios en el borde de la unión entre la pared y el techo. Estos orificios son necesarios para ajustar la tubería en la que se introducirán los cables que van desde los paneles solares hasta el armario. Posteriormente, es necesario hacer un reforzamiento del techo del lugar en el que se instalarán los paneles solares.

Figura 9. Arribo al lugar para la instalación de la planta solar



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Durante la instalación del sistema fotovoltaico, se tomaron todas las medidas de seguridad y de riesgo relacionadas con manejo de sistemas eléctricos y de trabajo en alturas. Se delimitó el lugar, y las personas encargadas de la instalación implementaron todas las medidas de seguridad y salud en el trabajo que eran pertinentes (figura 10).

Figura 10. Logística de instalación del sistema solar fotovoltaico



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

La instalación del sistema solar fotovoltaico se realizó teniendo en cuenta la normativa del manejo de trabajo en alturas, la normativa técnica colombiana y todos los aspectos relacionados con el *Reglamento técnico de instalaciones electricistas —RETIE—* y la Norma Técnica Colombiana (NTC) 2050 (tabla 4). Asimismo, se consideraron las especificaciones de los equipos adquiridos; por ejemplo, los paneles solares cumplen con las certificaciones IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716; ISO 9001: Sistema de Gestión de Calidad; ISO 14001: Sistema de Gestión Medioambiental; ISO14064: Verificación de gases efecto invernadero, y OHSAS 18001.

Tabla 4. Normativa técnica básica según los componentes de instalación

| Componente | Normativa técnica o especificaciones |
|--------------------------|--|
| Regulador de carga solar | NTC 6016 de 2013: “Requisitos de los controladores de carga de batería para instalaciones fotovoltaicas. comportamiento y rendimiento” |
| Inversores | NTC2183 de 2014: “Artefactos electrodomésticos y similares”. NTC5759 de 2010: “Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento” |
| Baterías | NTC 5287 de 2009: “Baterías para sistemas solares fotovoltaicos. Requisitos generales y métodos de ensayo” |
| Paneles fotovoltaicos | IEC-61730 de 2009: “Cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos” IEC 61730-212: “Requisitos de las pruebas” Y, según el tipo de paneles a instalar: NTC 2883 de 2006: “Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación de tipo” NTC 5464 de 2010: “Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para uso terrestre. calificación del diseño y homologación” NTC 5512 de 2013: “Ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (FV)” |

Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Segundo día de instalación: verificación del techo, el cableado alterno y los paneles solares

Durante este segundo día, como se tenía previsto, se instaló un andamio que permitiera a los técnicos ascender a la superficie del techo en donde quedarían instalados los paneles solares (figura 11). Luego, se ensamblaron las conexiones y se identificaron el voltaje y el amperaje. Se colocaron los paneles solares y se ajustaron los cables.

Figura 11. *Instalación del andamio para el ascenso con los paneles*



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Paneles solares

El panel solar, también denominado *módulo fotovoltaico*, es un dispositivo eléctrico cuya función principal es convertir la luz generada por el sol en corriente eléctrica. Los paneles solares pueden ser instalados de dos formas. La primera es a través de un poste y la segunda, en el techo o cubierta de lugar. En este caso, los paneles solares fueron instalados en el techo. Antes de iniciar, fue necesario hacer una inspección de resistencia y estado de la cubierta para prevenir accidentes (figura 12).

Figura 12. *Revisión de la cubierta para ubicar los paneles solares*



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Posteriormente, se estableció la configuración y distribución de los paneles solares para maximizar la producción anual de energía, teniendo en cuenta la configuración del cableado y según las cargas eléctricas. Asimismo, se verificó que el cableado empleado para todo el sistema cumpliera con todas las especificaciones técnicas y se tuvo en cuenta que solo debía ser manipulado e instalado por un profesional. Se registraron las medidas de los paneles para diseñar la estructura metálica que proporcionara soporte a los paneles solares, para luego fijarlos a la cubierta (figura 13).

Figura 13. *Configuración y distribución de los paneles solares*



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Una vez verificado el cumplimiento de toda la normatividad de trabajo en alturas, se procedió a la instalación del soporte metálico en el techo. Este soporte fue asegurado por medio de tornillos, pernos y bisagras y se verificó que estuviera totalmente fijo. Enseguida, se procedió al ascenso de cada uno de los paneles solares, teniendo el cuidado de no estropear los filamentos de estos (figura 14).

Figura 14. *Trabajo en alturas y ascenso de los paneles*



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Se instalaron 4 paneles fotovoltaicos de 280 W, con una inclinación de 11° y una orientación sur-oriente (figura 15). Fueron instalados en una parte del techo del restaurante del bioparque, que cuenta con un área de 212 m². Los paneles solares instalados cumplen con todos los sistemas de gestión de la calidad, medioambiental, verificación de gases de efecto invernadero y sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional.

Figura 15. Paneles solares instalados sobre el techo



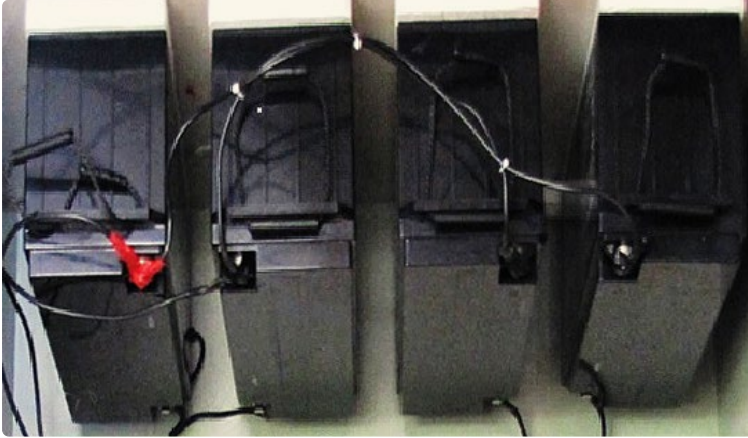
Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Tercer día de instalación: componentes en el armario y cargas de alimentación

En el tercer día de instalación, se colocó cada uno de los componentes del sistema solar que van dentro del armario. Estos tienen funciones específicas y son, en conjunto, los que conforman el sistema solar fotovoltaico. Junto a estos componentes están, además, el cableado, los conductores, los protectores y las canaletas. No obstante, en el presente trabajo, se describirán solamente aquellos que revisten mayor importancia: las baterías, el inversor y el regulador de carga.

Baterías

Las baterías —también denominadas *acumuladores solares* o *acumuladores fotovoltaicos*— son las encargadas de almacenar la energía eléctrica que proviene de los paneles solares. Posteriormente, esta energía estará disponible en forma de electricidad en el momento en que se requiera. En este caso, se implementaron cuatro baterías, cada una con un voltaje de 12 V y una capacidad de 90 Ah (figura 16).

Figura 16. Baterías implementadas en el sistema

Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Inversor

El inversor es un dispositivo eléctrico cuya función principal es convertir la corriente directa (DC), proveniente de los paneles solares o que está almacenada en las baterías, en corriente alterna (AC). Esa última corriente es la que permite encender los diferentes aparatos y dispositivos eléctricos a alimentar. En este caso, las bombillas LED y el congelador. Se implementó, entonces, un inversor de onda sinusoidal de 24V/1200 W 60 Hz, con una potencia continua de 1200 VA, una eficacia de máxima de 92% (figura 17).

Figura 17. Inversor

Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Regulador de carga o controlador

El regulador de carga es un dispositivo para la optimización de la carga de la batería, que informa su estado de carga, regula la carga

completa y evita las descargas o sobrecargas. Su coste de consumo es del 5 % en el sistema solar fotovoltaico, pero es de gran importancia porque mantiene el nivel de carga de la batería para que esta no se dañe. En esta ocasión, se implementó un regulador de carga solar MPPT con corriente máxima de 40 A (figura 18).

Figura 18. Regulador



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Cada uno de los dispositivos eléctricos (baterías, inversor y controlador) se instaló dentro del armario (figura 19). Se realizaron las respectivas conexiones eléctricas, verificando el funcionamiento de los paneles solares y los componentes del sistema. Por otro lado, se hizo la conexión eléctrica del armario con el refrigerador y las luminarias LED.

Se instaló el cableado, se conectó y se protegió con canaletas. Se corroboró el funcionamiento de cada uno de los materiales albergados en el armario y, luego, se hizo una prueba de funcionamiento en conjunto como sistema eléctrico (figura 20). Al armario se le colocó externamente toda la señalización correspondiente a la prevención y no manipulación del sistema por riesgo de electrocución.

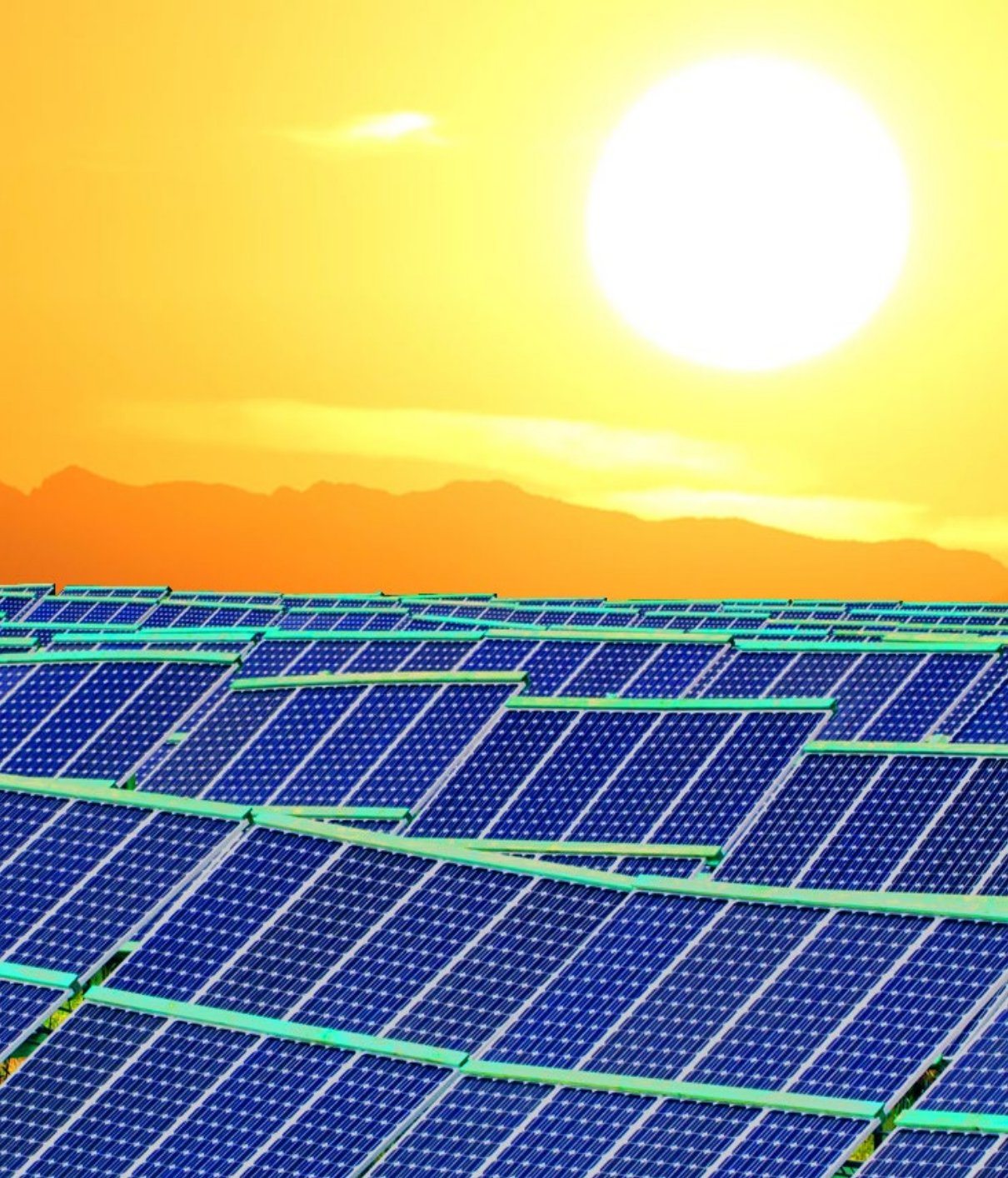
Figura 19. Componentes en el interior del armario



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Figura 20. Componentes instalados en el armario





Capítulo III.

Sistema solar fotovoltaico: hallazgos,
perspectivas y aprendizajes



Registros y mediciones climáticas del lugar

Para la instalación del sistema solar fotovoltaico fue necesario registrar algunas mediciones climáticas, entre ellas, la temperatura ambiente, el porcentaje de humedad relativa, la velocidad del viento, la pluviometría y el brillo solar (tabla 5). Estas mediciones varían de acuerdo con la época de año, pero su registro previo a la instalación permitió realizar los cálculos de instalación y determinar aspectos relevantes, como la ubicación de los paneles solares.

Tabla 5. Mediciones climáticas del lugar de instalación

| Instrumento | Función | Registro bioparque |
|-------------|--|------------------------|
| Termómetro | Mide la temperatura ambiente a partir de la expansión o contracción del mercurio. También los hay digitales. | 13 °C promedio |
| Higrómetro | Registra el contenido de humedad relativa del aire. | 75-80 % |
| Anemómetro | Es el instrumento para medir la dirección y velocidad de viento. | 4-5 km/h |
| Pluviómetro | Sirve para medir la cantidad de agua precipitada en un determinado lugar. | 88 mm |
| Piranómetro | Es el instrumento mediante el cual se mide la radiación solar | 3.0 kWh/m ² |

Fuente: (Mendoza, J., 2019)

Consumo eléctrico del lugar de la instalación

Una vez obtenidos los registros climáticos del lugar, se procedió a evaluar el consumo eléctrico del sitio en el que se instalaría el sistema solar fotovoltaico (tabla 6). En este momento era importante determinar cuáles serían las cargas que se pretendía alimentar, por lo que se decidió que fueran el congelador y dos luminarias ubicados en la cocina del bioparque. Se seleccionó el congelador porque allí se almacena y conserva el alimento de algunos animales que requieren una dieta especial.

Tabla 6. Estimación del consumo eléctrico de las cargas en el lugar

| Tipo de carga | Voltaje | Potencia (W) | Cantidad | Horas diurnas de uso | Energía diurna (Wh/día) | Total energía (Wh/día) |
|----------------------|---------|--------------|----------|----------------------|-------------------------|------------------------|
| Congelador | 120 | 125 | 1 | 12 | 1300 | 1300 |
| Luminarias LED | 120 | 36 | 2 | 8 | 411 | 411 |
| Total | | | | 20 | 1710 | 1710 |
| Consumo diario total | | | | | | 1710 Wh/día |

Fuente: (FUNCENER, 2019)

De acuerdo con los componentes instalados en la planta de generación solar, los estudios de irradiación solar en la zona y los estudios de cinemática solar, fue posible deducir un aproximado de la generación de energía (tabla 7). En la categoría de hora pico solar, se aprecia la irradiación solar mensual generada en el punto de la instalación, que equivale a 3 kWh/m². Este valor puede aumentar o disminuir día a día, según el comportamiento del sol. En el ítem de energía fotovoltaica generada (kWh), se calcula la energía total producida por los paneles solares instalados. Esta generación total mensual, de igual manera que la irradiación solar, puede disminuir o aumentar dependiendo del comportamiento del sol en el transcurso del mes, produciendo para una irradiación de 3 kWh/m² un máximo de 3,36 kWh/día.

Tabla 7. Consumo mensual generador de la planta solar

| Consumo mensual | | | | | |
|-----------------|-----------------------|-------------------------------------|---------------|------------------|---|
| Meses | Hora pico solar (kWh) | Energía fotovoltaica generada (kWh) | Consumo medio | Consumo cubierto | Huella de carbono [kg CO ₂ /mes] |
| Enero-diciembre | 3,0 | 3,360 | 2,214 | 152% | 37,30 |

Fuente: (FUNCENER, 2019)

El ítem de consumo medio deja ver la energía diaria que consumen el congelador y las luminarias LED. La columna de consumo cubierto muestra el porcentaje de energía cubierto por la planta solar fotovoltaico respecto al consumo que se tiene en el bioparque, se aprecia un porcentaje del 152 %, lo que asegura el funcionamiento del congelador y las luminarias LED todos los días, con opción de hacer la conexión de nuevas luminarias o electrodomésticos de bajo consumo al sistema solar. Finalmente, en la columna de huella de carbono, se muestra aproximadamente cuánto carbono se está mitigando en cada mes con la instalación solar fotovoltaica, que para este caso corresponde a 37.296 quico₂, teniendo en cuenta que este valor puede aumentar según la irradiación del sol.

Verificación del funcionamiento y el rendimiento

Finalmente, se implementaron y realizaron pruebas de carga para verificar el funcionamiento del sistema (figura 21). El sistema de generación fotovoltaica autónomo instalado atiende una demanda eléctrica de 1752 Wh, que corresponden a un congelador y dos luminarias LED ubicadas en la cocina.

Para el correcto funcionamiento del sistema y para evitar posibles fugas o daños, es importante realizar manteneamientos preventivos, por lo menos cada dos años. Los paneles solares tienen una vida útil de aproximadamente 25 años. En cuanto a las baterías, su vida útil es de 10 años, por lo que se recomienda cambiarlas una vez transcurrido este tiempo.

Figura 21. Sistema solar fotovoltaico funcionando



Fuente: (Mendoza, J., 2019)

El sistema autónomo solar fotovoltaico instalado en el Bioparque La Reserva de Cota es el escenario propicio para que los visitantes aprendan sobre el funcionamiento y beneficios de un sistema solar fotovoltaico, lo que significa para el ambiente emplear este tipo de energías limpias. Asimismo, constituye un espacio para la enseñanza y el aprendizaje sobre de energía solar y desarrollo sustentable para los estudiantes de la Licenciatura en Educación Básica con Énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de UNIMINUTO.

Sistema solar fotovoltaico en funcionamiento

Se realizó un seguimiento al funcionamiento del sistema para calcular los datos de consumo en un determinado número de días. En la tabla 8 se muestra una proyección del funcionamiento del sistema solar fotovoltaico en días. La proyección se hizo teniendo en cuenta desde el mes en que se instaló el sistema hasta el mes en que se realizaron los respectivos cálculos.

Tabla 8. *Tiempo de funcionamiento, en días, del sistema solar fotovoltaico*

| Mes | Días |
|------------|----------|
| Septiembre | 23 |
| Octubre | 31 |
| Noviembre | 30 |
| Diciembre | 31 |
| Enero | 31 |
| Febrero | 28 |
| Marzo | 31 |
| Abril | 11 |
| Total | 225 días |

Fuente: (FUNCENER, 2019)

Consumo eléctrico de la planta solar fotovoltaica

Entre los aspectos relevantes en un sistema solar fotovoltaico está el cálculo del consumo eléctrico. Es preciso obtener toda la información posible sobre las características eléctricas de las cargas que la instalación solar debe alimentar, indagar cuánta energía se espera usar y cuál sería la demanda máxima, y así, establecer los perfiles de carga para calcular la necesidad de energía a lo largo de todo el año (López, 2015). La tabla 9 consolida la información relacionada con el consumo eléctrico de la planta solar. Cabe recordar que este consumo es producido por un congelador y dos luminarias.

Tabla 9. Consumo eléctrico de la planta solar en funcionamiento

| Tipo de carga | Energía consumida | Consumo diario | Consumo mensual |
|----------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Congelador | 1300 Wh/día | 1.710 kWh/día | 51,30 kWh/mes |
| Luminarias LED | 411 Wh/día | | |

Fuente: (FUNCENER, 2019)

Cuantificación y valores asociados al sistema solar fotovoltaico

Predicción de consumo de energía eléctrica

Es necesario establecer la cantidad de energía producida a partir de la instalación del sistema solar fotovoltaico. Una vez instalada la planta solar fotovoltaica, se llevó a cabo una modelización y predicción del consumo general de energía eléctrica del bioparque durante once meses. Por lo tanto, fue necesario establecer la energía producida a partir de la instalación del sistema solar fotovoltaico. Como se puede apreciar en la tabla 10, al realizar la modelización de series temporales y la predicción del consumo de energía eléctrica, se pudo predecir que el consumo de energía eléctrica en los meses comprendidos entre marzo y diciembre de 2020 sería, en promedio, de 2045 kWh, con un consumo mínimo de 537 kWh y un consumo máximo de 3552 kWh. Los datos registrados en los meses de noviembre y enero del 2020 muestran un incremento del consumo de energía eléctrica, pues durante estos meses en el bioparque se atendieron especies de animales en cuya rehabilitación se requirió un consumo de energía constante, por el uso de incubadoras y el monitoreo con cámaras 24 horas, los siete días de la semana.

Tabla 10. Modelización de series temporales y predicción del consumo de energía eléctrica

| | Modelo | Consumo de energía eléctrica kWh, Modelo 1 | | |
|------------|--------|--|------|-----|
| | | Predicción | UCL | LCL |
| Predicción | Mar-20 | 2045 | 3223 | 866 |
| | Abr-20 | 2045 | 3264 | 825 |
| | May-20 | 2045 | 3304 | 786 |
| | Jun-20 | 2045 | 3342 | 747 |
| | Jul-20 | 2045 | 3379 | 710 |
| | Ago-20 | 2045 | 3416 | 673 |
| | Sep-20 | 2045 | 3451 | 638 |
| | Oct-20 | 2045 | 3486 | 604 |
| | Nov-20 | 2045 | 3519 | 570 |
| | Dic-20 | 2045 | 3552 | 537 |

Fuente: (Mendoza, J., 2019).

Predicción de la generación de energía eléctrica de la planta solar

En la actualidad, para optimizar algunos de los requerimientos de energía eléctrica, son necesarios el ahorro de energía eléctrica y el aprovechamiento de la energía solar. La planta solar alimenta eléctricamente a un congelador y a dos luminarias LED, y, como sistema, tiene un consumo eléctrico propio que depende de la radiación solar.

Al realizar la modelización de series temporales y predicción de la generación AC de energía eléctrica en kWh de la planta solar fotovoltaica, se determinó que entre marzo y diciembre de 2019, sería progresiva hasta 55,92 kWh/mes, en diciembre, con una mínima generación AC de 46,38 kWh y un máximo de 55,92 kWh/mes (tabla 11). El consumo en kWh de la planta solar fotovoltaica se calculó y se proyectó a través de la información recopilada desde agosto de 2018.

Tabla 11. Modelización de series temporales y predicción de generación AC kWh de la planta solar fotovoltaica

| | Modelo | Generación AC kWh de la planta solar fotovoltaica, Modelo 1 | | |
|------------|--------|---|-------|-------|
| | | Predicción | UCL | LCL |
| Predicción | Abr-20 | 49,03 | 53,02 | 53,02 |
| | May-20 | 46,38 | 46,38 | 46,38 |
| | Jun-20 | 48,10 | 48,10 | 48,10 |
| | Jul-20 | 51,70 | 51,70 | 51,70 |
| | Ago-20 | 54,90 | 54,90 | 54,90 |
| | Sep-20 | 52,74 | 52,74 | 52,74 |
| | Oct-20 | 52,74 | 52,74 | 52,74 |
| | Nov-20 | 53,30 | 53,30 | 53,30 |
| | Dic-20 | 55,92 | 55,92 | 55,92 |

Fuente: Elaboración propia.

Predicción en el costo del servicio de energía

Mediante la modelización de series temporales y la predicción del pago de recibo de luz (tabla 12), se predijo que el costo del servicio de energía eléctrica en los meses comprendidos entre marzo y diciembre de 2019 sería en promedio de \$1.222.255 COP. Con un pago mínimo de 537.963 kWh y un pago máximo de \$1.906,547 COP.

Tabla 12. Modelización de series temporales y predicción del costo del servicio de energía

| Predicción | Modelo | Pago de recibo de luz Modelo 1 | | |
|------------|--------|--------------------------------|-----------|---------|
| | | Predicción | UCL | LCL |
| Feb-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Mar-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Abr-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| May-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Jun-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Jul-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Ago-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Sep-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Oct-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Nov-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |
| Dic-20 | | 1.222.255 | 1.906.547 | 537.963 |

Fuente: Elaboración propia.

Predicción del costo del servicio de energía sin la planta solar fotovoltaica

Entre los aspectos que se consideraron relevantes, estaba el determinar, a través de una simulación, el costo del servicio de energía eléctrica en el bioparque sin contemplar la planta solar fotovoltaica (tabla 13). Se pudo evidenciar que en algunas ocasiones los consumos de energía fluctúan, teniendo en cuenta que en algunos momentos se puede utilizar más energía, lo que significa que el pago aumenta.

Tabla 13. Modelización de series temporales y predicción del costo del servicio de energía sin la planta solar fotovoltaica (simulado)

| Predicción | Modelo | Pago de energía sin la planta solar fotovoltaica Modelo 1 | | |
|------------|--------|---|-----------|------------|
| | | Predicción | UCL | LCL |
| Feb-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Mar-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Abr-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| May-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Jun-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Jul-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Ago-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Sep-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Oct-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Nov-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |
| Dic-20 | | 1.240.000 | 1.940.000 | 530.664.50 |

Fuente: Elaboración propia.

Tal como se observa en la tabla 13, con la modelización de series temporales (simulado) se predijo que el costo del consumo de energía eléctrica sin la planta solar fotovoltaica en los meses comprendidos entre marzo y diciembre de 2020 sería en promedio de \$1.240.000 COP, con un pago mínimo de 530.664 kWh y un pago máximo de \$1.940.000 COP. Al hacer la predicción del consumo de energía eléctrica de la planta solar por el precio del kWh, se pudo establecer que el ahorro diario sería de \$1.065,63 COP, lo que significa un ahorro mensual de \$31.968,84 COP.

Predicción de emisiones de kg CO₂

La implementación de energías renovables, en particular la de energía solar a través de la instalación de sistema solar fotovoltaico, disminuyó el consumo de energía eléctrica y permitió reducir las emisiones de CO₂ al ambiente. El uso de energías renovables, en especial la solar, está en auge y tiende a crecer a medida que se va implementando la tecnología. Actualmente, estas energías compiten con las tradicionales, y en general con el sector eléctrico. La conversión de energía solar en constante aumento representa uno de los negocios nuevos más grandes que van emergiendo en cualquier sector de la economía (García et al., 2019).

Cabe destacar su aporte a la mitigación del cambio climático, que para la energía solar se cuantifica en la cantidad de CO₂ que deja de emitirse a la atmosfera. El cálculo de estos valores pasa por la predicción de los niveles máximos y mínimos de CO₂ que dejan de producirse (tabla 14).

Tabla 14. Modelización de series temporales y predicción de kg CO₂ mensuales que dejan de emitirse al medio ambiente por la generación de energía de la planta solar fotovoltaica

| | Modelo | kg CO ₂ que dejan de emitirse Modelo 1 | | |
|------------|----------|---|-------|-------|
| | | Predicción | UCL | LCL |
| Predicción | Abr-2020 | 11,38 | 11,38 | 11,38 |
| | May-2020 | 11,38 | 11,38 | 11,38 |
| | Jun-2020 | 11,38 | 11,38 | 11,37 |
| | Jul-2020 | 11,38 | 11,38 | 11,37 |
| | Ago-2020 | 11,38 | 11,38 | 11,37 |
| | Sep-2020 | 19,82 | 19,82 | 19,81 |
| | Oct-2020 | 22,75 | 22,76 | 22,75 |
| | Nov-2020 | 22,39 | 22,39 | 22,38 |
| | Dic-2020 | 22,75 | 22,76 | 22,75 |

Fuente: Elaboración propia.

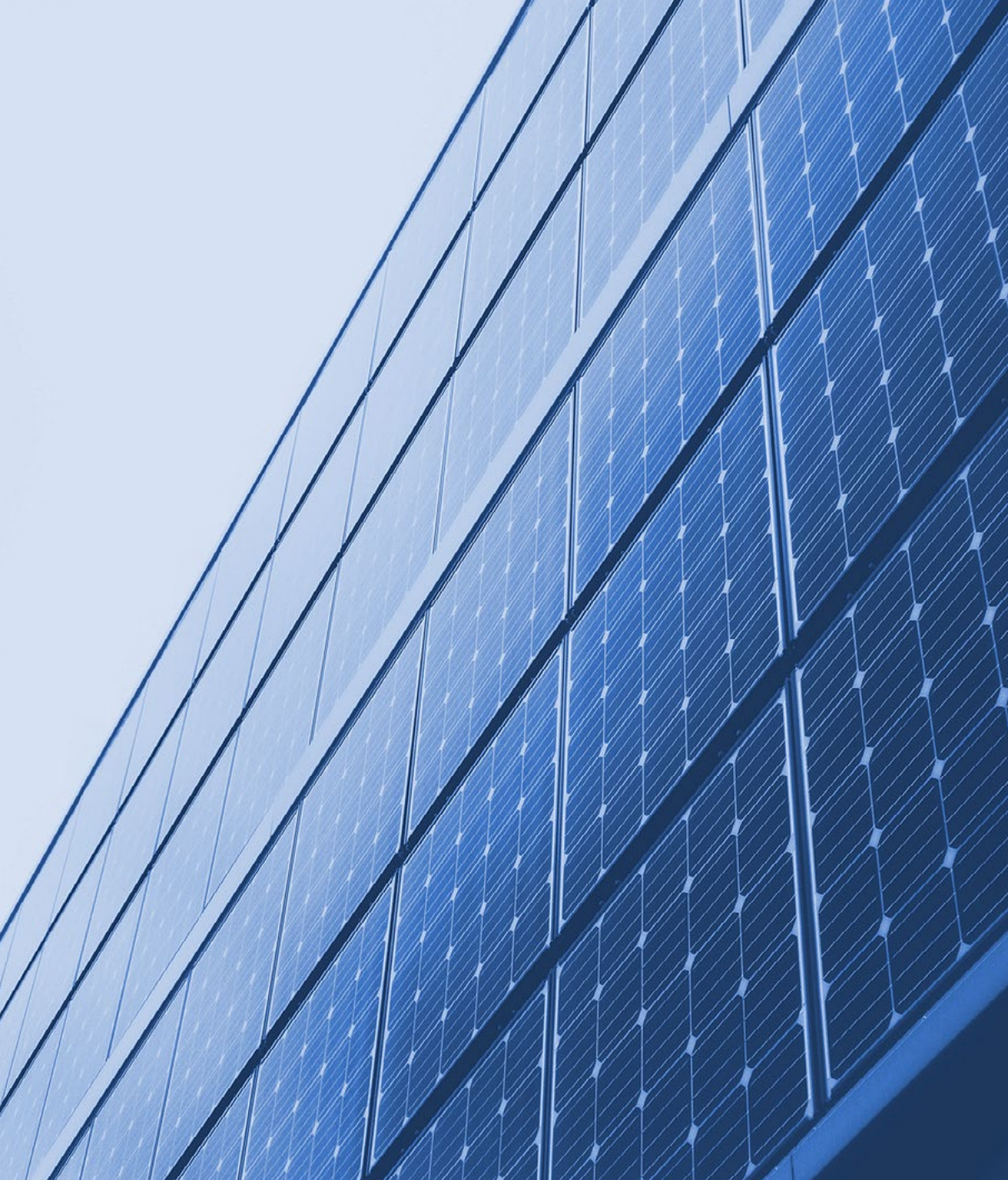
La instalación del sistema solar fotovoltaico consume aproximadamente 51,30 kWh/mes, lo que equivale a 615.6 kWh

anuales. Esto significa que se estarían dejando de liberar a la atmósfera alrededor de 22,7 kg de CO₂. Según la modelización de series temporales y la predicción mensual de kg CO₂, la planta solar fotovoltaica dejaría de emitir gases a la atmósfera y, en los meses comprendidos entre marzo y diciembre de 2020, disminuiría en forma progresiva hasta 22,75 kg CO₂ con un mínimo consumo de 22,75 kg CO₂ y un máximo consumo de 22,76 kg CO₂.

Generación fotovoltaica

Para el cálculo de la generación fotovoltaica se tuvieron en cuenta los vatios que genera cada módulo solar, multiplicados por la cantidad de módulos que componen el sistema solar fotovoltaico $(270 \text{ W/módulo}) \times (4 \text{ módulos}) = 1.080 \text{ W}$.

La generación diaria teórica se calculó con base en la generación fotovoltaica en 3 horas: $\text{generación diaria teórica } (1.080 \text{ W}) \times (3 \text{ h}) = 3.240 \text{ Wh/día}$. Lo anterior, permitió hacer la proyección diaria real del sistema: $\text{generación diaria real } (3.240 \text{ Wh/día}) \times (0,7) = 2.268 \text{ Wh/día}$. Se puede afirmar que la generación total en 225 días se representa por la siguiente fórmula: $(2.268 \text{ Wh/día}) \times (225 \text{ días}) = 510.300 \text{ Wh}$. Ahora, para cuantificar la generación mensual se pudo establecer que $(3.240 \text{ Wh/día}) \times (30 \text{ días}) = 97.200 \text{ kWh/mes}$. El resultado arrojó que la generación eléctrica de la planta solar en un mes sería de 97.200 kWh.



Conclusiones

Conclusiones

Esta investigación arrojó información cuantitativa respecto a la cantidad de CO₂ que anualmente deja de emitirse a la atmósfera y permitió inferir el alcance que tienen las personas para mejorar las condiciones ambientales en que habitan, reducir el gasto relacionado con el consumo eléctrico y tener alternativas para la generación de energía eléctrica cuando ocurren apagones o cortes eléctricos con frecuencia.

El sistema solar fotovoltaico instalado en el Bioparque La Reserva de Cota deja de emitir a la atmósfera alrededor de 22,7 kg de CO₂ mensuales, lo que anualmente representa 272,4 kg de CO₂ (0,2724 t).

Otro aspecto ambiental al que contribuye el sistema solar fotovoltaico tiene que ver con el agua como recurso, porque la generación de electricidad tradicional en hidroeléctricas demanda un alto consumo de agua. La construcción de una hidroeléctrica trae consigo pérdida del caudal de los ríos y desviación de su cauce natural, además de que las fuentes hídricas son contaminadas por distintos tipos de vertimientos.

La implementación de energía solar ha permitido que el Bioparque La Reserva de Cota continúe consolidándose como un espacio amigable con el medio ambiente y como un referente en la conservación de la flora y fauna.

En Colombia varias regiones carecen de energía eléctrica, principalmente por problemas de seguridad y acceso, y porque no existe un presupuesto asignado que supla las necesidades eléctricas de algunas poblaciones. La energía solar es entonces una opción que es económica y accesible como se puede evidenciar en el bioparque de Cota, en el que se dejaron de consumir aproximadamente 3,36 kW en energía eléctrica, que representan un ahorro mensual en dinero de 31.968 COP y de aproximadamente 383.616 COP al año.

El trabajo de investigación realizado en el bioparque evidencia que la utilización de la energía solar a mayor escala produce ganancias; su implementación generaría una interdependencia energética, es decir, no depende de empresas que le suministren el servicio. Además, el Bioparque La Reserva de Cota es un referente, puede producir excedentes de energía a la red eléctrica tradicional y convertirse no

solo en un consumidor, sino en un generador de energía que puede ser comercializada a las empresas eléctricas de la región.

La implementación de la energía solar trae consigo un sinnúmero de oportunidades laborales para las personas que fabrican y producen los materiales e insumos para su montaje, como también para los expertos que se encargan de la instalación de estos sistemas. En consecuencia, se genera empleo y flujo del capital, además de que, poco a poco las ciudades migrarán a estas tecnologías, lo que redundará en una inyección de capital para el uso de las energías limpias, entre las cuales, la energía solar será una de las más importantes y atractivas para el mercado.

El sistema solar fotovoltaico instalado en el bioparque se convierte, además, en una herramienta para la enseñanza y el aprendizaje sobre la energía solar. Allí las personas aprenden sobre los beneficios que este tipo de tecnologías limpias brindan al ambiente. Estas actividades favorecen el desarrollo y el seguimiento de proyectos que permitan generar propuestas que fortalezcan las energías del futuro. A continuación, se enuncian algunos temas, que según las percepciones de los visitantes al bioparque, pueden abordarse en relación con el sistema solar fotovoltaico instalado y con el ambiente

- Disminución de la contaminación ambiental.
- Aprovechamiento de recursos renovables.
- Implementación de tecnologías modernas.
- Se fortalece la conciencia ambiental en el humano.
- Consumo responsable y vida saludable.
- Se convierte en una estrategia pedagógica para la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales.
- Es un tipo de energía que permite vincular comunidades.

Actualmente, es necesario implementar acciones que generen conciencia en las personas sobre la importancia del cuidado del ambiente. Muchas de las acciones pueden emprenderse desde la enseñanza y el aprendizaje. El abordaje de un tema actual y determinante, como lo es el cambio climático, exige la participación de toda la comunidad. Al respecto, cabe anotar que el sistema solar fotovoltaico instalado ha permitido enseñar ciencias naturales, pues se ha convertido en un escenario para favorecer el aprendizaje sobre las energías limpias en las comunidades visitantes.

En el mundo hay aproximadamente 1.000 millones de personas que carecen de energía eléctrica, y en Colombia, cerca de 2.500.000 de personas que carecen de electricidad, lo que equivale a unas 470.000 viviendas. El sistema solar fotovoltaico autónomo instalado en el bioparque genera su propia energía, con lo cual se produce un ahorro. Además, es amigable con el ambiente.

Este trabajo plantea una vía para mejorar el nivel de vida de las personas en áreas de difícil acceso, lejanas, en donde no hay electricidad, pues, además de los beneficios ya enumerados, también aporta a la salud de las personas; por ejemplo, evita que estas se expongan a elementos particulados y humo proveniente de acciones cotidianas como cocinar con leña. También brinda mayores oportunidades de realización personal y de satisfacción con las comunidades, al dar a conocer cómo se instala un sistema de energía solar, pues en la medida en que más personas se capaciten, generarán mayores dividendos y sabrán que verdaderamente están contribuyendo a mejorar sus propios niveles de vida.

Índice de tablas

| | | |
|------------------|---|----|
| Tabla 1. | Normativa sobre el uso de energías limpias en Colombia..... | 24 |
| Tabla 2. | Fases de la investigación | 31 |
| Tabla 3. | Componentes del sistema solar fotovoltaico..... | 34 |
| Tabla 4. | Normativa técnica básica según los componentes de instalación | 41 |
| Tabla 5. | Mediciones climáticas del lugar de instalación..... | 49 |
| Tabla 6. | Estimación del consumo eléctrico de las cargas en el lugar..... | 50 |
| Tabla 7. | Consumo mensual generador de la planta solar | 50 |
| Tabla 8. | Tiempo de funcionamiento, en días, del sistema solar fotovoltaico | 52 |
| Tabla 9. | Consumo eléctrico de la planta solar en funcionamiento | 52 |
| Tabla 10. | Modelización de series temporales y predicción del consumo de energía eléctrica | 53 |
| Tabla 11. | Modelización de series temporales y predicción de generación AC kWh de la planta solar fotovoltaica..... | 54 |
| Tabla 12. | Modelización de series temporales y predicción del costo del servicio de energía | 55 |
| Tabla 13. | Modelización de series temporales y predicción del costo del servicio de energía sin la planta solar fotovoltaica (simulado)..... | 55 |
| Tabla 14. | Modelización de series temporales y predicción de kg CO ₂ mensuales que dejan de emitirse al medio ambiente por la generación de energía de la planta solar fotovoltaica | 56 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Rangos de radiación solar en algunos departamentos de Colombia | 26 |
| Figura 2. Radiación solar en Colombia | 26 |
| Figura 3. Área de estudio | 32 |
| Figura 4. Diagrama unifilar del Bioparque la Reserva de Cota | 33 |
| Figura 5. Esquema de instalación del sistema solar autónomo | 36 |
| Figura 6. Registro de mediciones climáticas..... | 37 |
| Figura 7. Cinemática solar del bioparque | 38 |
| Figura 8. Lugar seleccionado para la instalación del sistema solar fotovoltaico..... | 39 |
| Figura 9. Arribo al lugar para la instalación de la planta solar | 40 |
| Figura 10. Logística de instalación del sistema solar fotovoltaico | 41 |
| Figura 11. Instalación del andamio para el ascenso con los paneles | 42 |
| Figura 12. Revisión de la cubierta para ubicar los paneles solares..... | 42 |
| Figura 13. Configuración y distribución de los paneles solares..... | 43 |
| Figura 14. Trabajo en alturas y ascenso de los paneles..... | 43 |
| Figura 15. Paneles solares instalados sobre el techo..... | 44 |
| Figura 16. Baterías implementadas en el sistema | 45 |
| Figura 17. Inversor | 45 |
| Figura 18. Regulador..... | 46 |
| Figura 19. Componentes en el interior del armario | 47 |
| Figura 20. Componentes instalados en el armario | 47 |
| Figura 21. Sistema solar fotovoltaico funcionando | 51 |

Referencias

- Alcubierre, D. y Escobedo, V. (2013). *Energía solar para todos*. Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables.
- Álvarez, M. (2015). *Fotoconversión y termoconversión de la luz solar*. Nature Energy.
- Arenas, D. y Zapata, H. (2011). *Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(6).
- Bárcena, A., Samaniego, J., Galindo, L. M., Ferrer Carbonell, J., Alatorre, J. E.; Stockins, P.; Reyes, O., Sánchez, L., Mostacedo, J. (2018). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: una visión gráfica*. LC/TS.2017/84/rev.1, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Naciones Unidas.
- Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Monteagudo, F., Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *CienciaUAT*. 11(2), 105-117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441949672008>
- Bonilla, J. (2014). *Evaluación de la oferta solar potencial para la producción de electricidad en zona rural del municipio de Sogamoso* [trabajo de grado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/415>
- Camacho, D. (2012). *Implementación de un sistema fotovoltaico autónomo móvil de 1000w* [trabajo de grado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0063150.pdf>
- Cámara de Comercio de Cali. (2016, 13 de abril). *Ritmo Cluster* (Informe 3). <https://www.ccc.org.co/inc/uploads/informes-economicos/ritmo-cluster/3.pdf>
- Cárdenas, C. (2013). *Propuesta de enseñanza de la energía solar como fuente de energía alternativa renovable, para estudiantes de ciclo IV Básica Secundaria* [tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/75091>
- Catalán, H. (2020). Impacto de las energías renovables en las emisiones de gases efecto invernadero en México. *Problemas del Desarrollo*, 52(204). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2021.204.69611>

- Castrillón, M. y Carrillo, J. (2021). *Evaluación de impacto ambiental de la instalación de un sistema fotovoltaico en la finca hotel Santa Helena en Restrepo-Meta (Colombia)* [trabajo de grado, Universidad Libre]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/21651>
- Chinchilla, S. y Salinas, Y. (2022). *Propuesta de sostenibilidad para la utilización de energía fotovoltaica en zonas residenciales de Bogotá. un estudio de caso para el conjunto residencial ciudad Tintal 2 etapa 2* [trabajo de grado, Fundación Universidad América]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8813/1/3161219-2022-1-ll.pdf>
- Escudero, C. y Cortez, L. (2018). *Técnicas y métodos para la investigación Científica*. Universidad Técnica de Machala.
- Estrada, C. y Arancibia, C. (2010). Las energías renovables: la energía solar y sus aplicaciones. *Revista Digital Universitaria*, 11(8). <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art96/art96.pdf>
- Fernández, L. y Cervantes, A. (2017). *Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira* [tesis de maestría, Centro de investigación en materiales avanzados. México]. <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1927>
- Florián, M., Pabón, G., Pérez, P., Rojas, M. y Suárez R. (2017). *Política Nacional de Cambio Climático. Documento para tomadores de decisiones*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <http://www.andi.com.co/Uploads/13.%20PolCC%20toma%20decisiones.pdf>
- García, C., Lopez, J. y Gómez, T. (2020). Estimación del costo de distribución de la energía eléctrica en Colombia considerando generación distribuida fotovoltaica. *Información Tecnológica* 32(1).
- Grupo de Nuevas Actividades (2007). *Energía solar fotovoltaica*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. <https://www.coit.es/file/4245/download?token=F3kPOsFh>
- Guevara, C. y Pérez, M. (2015). *Análisis de viabilidad del suministro de energía eléctrica a la Granja la Fortaleza ubicada en Melgar-Tolima mediante la implementación de un sistema solar fotovoltaico* /trabajo de grado, Universidad Libre]. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/7962>.
- Gómez, F. (2018). *Implementación sistema de energía solar en la oficina de bienestar universitario. Universidad Minuto de Dios, Girardot* [trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6789>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. (2011). Informe especial del IPCC. Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Resumen para responsables de políticas. https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/srren_es.pdf.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2015). *Atlas de Radiación Solar – Interactivo – año 2015*. Bogotá. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). Summary for Policymakers. En *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- Ladino, R. (2011). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare* [tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/1085>
- Lara, J. (2012). *La investigación tecnológica*. Vicerrectorado de Investigación. Instituto de la Facultad de Ingeniería Mecánica-Energía. Universidad Nacional del Callado.
- Ley 1715 de 2014 (13 de mayo). Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. *Diario Oficial* 49.150 de 13 de mayo de 2014. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html
- López, J. (2015). *Generación de electricidad por medio de paneles solares, propuesta para la distribución de sistemas de generación de electricidad por medio de paneles solares en los distintos pueblos del departamento de la Guajira* [trabajo de grado de especialización, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/5676>
- López, P. (2015). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada* [trabajo de grado, Universidad Rovira Virgili]. <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/2317pub.pdf>
- López, R. y López O. (2020). Ciencia, tecnología y energías renovables: una aproximación a sus concepciones y contradicciones. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 45. (15), 83-105.
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: definición, propiedad intelectual e industria. *Cienciamérica*, 3(1), 47-50.
- Martínez, R. y López, F. (2021). Perspectivas y retos de los estudios sobre el cambio climático. Dentro del pensamiento actual. Universidad Nacional Autónoma de México. Programa de Investigación en Cambio Climático. Red Universitaria de Cambio Climático. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2022/01/perspectivas-retos-estudios-sobre-cambio-climatico.pdf>

- Martínez, R. y Ortiz H. (2014). *Guía metodológica (Harpya harpia) para la educación en conservación de aves y rapaces del Bioparque la Reserva de Cota* [trabajo de grado, Universidad Pedagógica Nacional]. <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1862/TE-17254.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Méndez, A. y Rivera, C. (2015). *Evaluación del potencial del uso de la energía solar fotovoltaica en el campus de la Universidad ICESI* [trabajo de grado, Universidad ICESI]. http://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/78589
- Méndez, A., Reyes, E., Rojas, H. y Uribe, J. (2018). *Prefactibilidad de uso de paneles solares como fuente de energía en la urbanización primero planeta de Planeta Rica* [trabajo de grado]. Corporación Universitaria Minuto de Dios, Bogotá. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/6616>
- Mendoza, J. (2020). Design, implementation and evaluation of the energy performance of a photovoltaic solar system in Cota, Colombia. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*. *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, 9(5), 843-854.
- Olejua, C. y Navarro, A. (2020). Estimación de la radiación solar mediante métodos empíricos en Bucaramanga, Colombia. *Rinderesu*, 5(2), 724-733.
- Prias, O. (2018, 18 de mayo). *Energías renovables, una alternativa para la innovación Ambiental* [presentación]. En Seminario Nacional de Medio Ambiente, Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5b08443fb7cbe.pdf>
- Real, J. y Perilla J. (2012). *Planta de generación fotovoltaica* [trabajo de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/2588>
- Robayo, N. (2016). *Energías renovables: “la nueva economía” y su impacto ambiental* [trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/14894>
- Sanes, P. y Castaño, W. (2017). *Propuesta de un sistema basado en el uso de energía solar a través de paneles solares, para la disminución del consumo de energía eléctrica en la terminal de transporte del norte del municipio de Medellín* [trabajo de grado de especialización, Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO]. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/5655>
- Socha, A. (2020). *La observación de aves como propuesta de educación ambiental; herramienta práctica para el fortalecimiento del aviturismo comunitario-Municipio de San Francisco, Cundinamarca*. [Trabajo de grado de especialización, Fundación Universitaria los Libertadores]. <https://repositorio.libertadores.edu.co/handle/11371/3541>. https://repositorio.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/3541/Socha_Andres_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Tovar, A. (2014). *Evaluación de impacto ambiental de la energía solar y eólica en la Abiota de Colombia* [trabajo de grado de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/12054>
- Torres, N. y Robledo, S. (2014). *Diseño y establecimiento de los beneficios de un sistema de abastecimiento energético usando energía solar fotovoltaica en la ciudad de Girardot*. <https://repository.uniminuto.edu/bitstream/handle/10656/4780/T.TE%20TORRES%20CERVERA%20NIXON%20ANDRES%20ARTICULO%20EEE.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/INTEGRACION_ENERGIAS_RENOVANLES_WEB.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2021, 20 de enero). *Unidad de Planeación Minero Energética*. <https://www1.upme.gov.co/Paginas/default.aspx>
- Unidad de Planeación Minero Energética e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales(2005). *Atlas de Radiación Solar de Colombia*. <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21129/.../2a207e33-fe43-4aa3-930d-70ba60b10d57>
- Velasco, A. y Salazar, C. (2019). *Evolución de la generación de energía solar fotovoltaica en Colombia* [trabajo de grado de especialización, Universidad Santiago de Cali]. <https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/2781>

El cuidado de nuestro planeta es y será un aspecto relevante en cualquier contexto histórico y lugar del mundo. Es responsabilidad de cada uno de los habitantes velar por la conservación de los recursos naturales y la protección ambiental de los territorios. Sin duda un tema actual es la implementación de las energías renovables, teniendo en cuenta que se realizan esfuerzos encaminados para mitigar el cambio climático y hacer más posible y longeva nuestra coexistencia, por lo anterior, los cuatro capítulos de este texto nos invitan a repensarnos otras formas de proteger la naturaleza a través de energías limpias como oportunidad para minimizar el impacto de la contaminación que estamos causando.

Este libro nace como resultado de una investigación en la que a partir de la implementación de las energías renovables, específicamente la solar. Se realiza la instalación de un sistema solar fotovoltaico en el Bioparque la Reserva de Cota, Cundinamarca lo que permite entre varios aspectos, minimizar los costos del consumo de energía eléctrica del lugar, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e implementar nuevas formas de energía más limpias y amigables con la naturaleza.

Finalmente, el texto es un recurso valioso para la comunidad académica que les permita incentivar ejercicios de investigación alrededor de las energías renovables, el cambio climático y las ciencias naturales, en los que se aúnen esfuerzos para el cuidado de la naturaleza. Para las comunidades locales, se convierte en un referente teórico, metodológico y práctico en el que se describe la instalación de un sistema solar fotovoltaico el cual puede ser replicado en diversos lugares de nuestra geografía siendo útil este tipo de energías limpias en zonas no interconectadas, con constantes racionamientos eléctricos y que dependen de combustibles tradicionales que son poco amigables con el ambiente.



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Sede Principal

Bogotá D.C. Calle 81B No. 72B - 70
Teléfono +(57)1 - 291 6520
www.uniminuto.edu