

DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO PARA EL APROVECHAMIENTO DE  
ENERGIAS LIMPIAS PARA LA FINCA “LA MARIA”

LEYDI DIANA QUINTERO BUITRAGO

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA COMPETITIVIDAD

DIRECTOR

JAIME ARTURO CALVACHE

MSC. ING DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL

CODIRECTOR:

LIBARDO ENRIQUE MENDOZA

PHD. ING DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA COMPETITIVIDAD

BOGOTÁ D.C

2022

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

---

Nombre del director

Firma del Director

---

Nombre

Firma del presidente Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

---

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. septiembre de 2022

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora Ingeniería Química

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

A Dios en primer lugar por ser mi guía y mi bastón para continuar por brindarme las oportunidades y bendiciones necesarias para culminar esta etapa de mi vida satisfactoriamente.

A mi madre por su apoyo moral, incondicional y económico desde un principio para poder culminar esta etapa de mi vida sin desfallecer, al profesor Jaime Arturo Calvache por su apoyo como orientador compartiendo sus grandes conocimientos, experiencia, comprensión y dedicación con este trabajo. A todos aquellos que aportaron y colaboraron en este proyecto grado, con sus consejos para lograr la culminación de este.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Jaime Arturo Calvache por el tiempo y dedicación como director del proyecto, su colaboración incondicional, por sus valiosos conocimientos y aportes técnicos en este trabajo de grado.

A la ingeniera Angie Tatiana Ortega Ramírez, por su apoyo como orientador, por dedicar su tiempo y conocimientos al desarrollo del trabajo de grado, aportando recomendaciones claves para la culminación exitosa del mismo.

A la ingeniera Mónica Echavarría, por su apoyo incondicional motivándome a continuar y superar obstáculos, aportando recomendaciones claves para la culminación exitosa del mismo.

## TABLA DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCION	12
OBJETIVOS	16
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN SELECCIÓN ENERGÉTICA PARA LA FINCA “LA MARÍA”	17
1.1 Comparativo de soluciones viables para la finca “La María”	20
1.2 Indicadores comparativos de impacto ambiental	28
2 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL SERVICIO ENERGÉTICO DE LA ZONA VEREDAL DE SAN MIGUEL (Fase 1)	30
2.1 Ubicación geográfica	31
2.1.1 Vegetación	32
2.1.2 Clima	32
2.1.3 Sol	33
2.2 Análisis del comportamiento energético en el municipio de Pandi Cundinamarca	33
2.2.1 Periodo de cultivo	35
2.2.2 Energía solar	36
2.2.3 Fuentes de los datos	38
3 VARIABLES TÉCNICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA SOBRE LA “FINCA LA MARÍA” (Fase 2)	39
3.1. Estructura física actual (enero 2022) finca “La María”	39
3.2 Marco legal y normativo	40
3.3 Variables técnicas para la implementación de la energía fotovoltaica	42
3.3.1 Factores determinantes:	42
3.3.2 Factores económicos	43
3.3.3 Factores políticos	43
3.3.4 Factores socioculturales	44
3.3.5 Factores ambientales	44
3.3.6 Factores tecnológicos	44
3.3.7 Factores climáticos	44
3.4. Energía fotovoltaica.	44
3.4.1. Clasificación de Energía Fotovoltaica acorde a su instalación	45
3.4.2. Sistema Fotovoltaico autónomo o aislado	46
3.4.3. Sistema Fotovoltaico conectado a la red	46
3.4.4. Clasificación de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos	47
3.4.5. Sistema Fotovoltaico Autónomo Directo	48
3.4.6. Sistema Fotovoltaico Autónomo con acumulación	49

3.4.7. <i>Determinación de horas pico de radiación (HSP)</i>	49
3.4.8. <i>Potencia a instalar (Pins)</i>	49
3.4.9. <i>Factor de planta (FP)</i>	50
3.4.10. <i>Numero de paneles</i>	50
3.4.11. <i>Dimensiones del panel solar</i>	50
3.4.12. <i>Dimensionamiento banco de baterías</i>	53
3.4.13. <i>Selección de inversor</i>	55
4 DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO	57
4.1. Selección y análisis de técnicas e instrumentos de recolección de datos (fase 3)	57
4.1.1. <i>investigación documental</i>	57
4.1.2. <i>Observación Directa</i>	58
4.2. Definición del tamaño del proyecto (fase 4)	58
4.2.1. <i>Generalidades</i>	58
4.2.2. <i>Demanda:</i>	60
4.2.3. <i>La disponibilidad de insumos:</i>	60
4.2.4. <i>Disponibilidad de tecnología y equipos:</i>	60
4.2.5. <i>Localización:</i>	60
4.2.6. <i>Financiamiento:</i>	60
4.3. Diseño de un plan de mejoramiento para implementación de energía fotovoltaica sobre la “finca la María” (fase 5)	61
5 SIMULACION ENERGETICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA	67
5.1. Programa “Luis Carlos galán”	68
5.2. Programa educativo iHOGA (v. 3.0 – EDU)	69
5.3. Determinación del consumo de energía eléctrica.	72
5.3.1. <i>Radiación solar en el punto de instalación.</i>	74
5.3.2. <i>características de los paneles solares</i>	75
5.3.3. <i>Características de banco de baterías</i>	75
5.3.4. <i>Selección datos inversor eléctrico</i>	76
5.4 Estimación de costos asociados a la implementación de la energía fotovoltaica en la finca “la María”	78
6 CONCLUSIONES	81
BIBLIOGRAFÍA	82
GLOSARIO	87
ANEXOS	90



## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación Global del Municipio de Pandi Cundinamarca	22
Figura 2. Ubicación Municipio de Pandi Cundinamarca	23
Figura 3. Variación velocidad del Viento Municipio de Pandi Cundinamarca	24
Figura 4. Variación de temperatura sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca	26
Figura 5. Variación horas de Luz Natural sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca.	27
Figura 6. Esquema de instalación fotovoltaica aislada para autoconsumo	28
Figura 7. Índice cobertura de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca en el año 2016.	30
Figura 8. Ubicación Global de la “Finca la maría”	32
Figura 9. Esquema de variación horas de Luz Natural sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca en febrero Pandi CND	33
Figura 10. Esquema de variación del Comportamiento salida del sol con tiempo lunar febrero Pandi CND	34
Figura 11. Esquema de variación de comportamiento de temperatura y cultivo en febrero Pandi CND	35
Figura 12. Esquema de variación de comportamiento de temperatura y aumento en febrero Pandi CND	36
Figura 13. Esquema de comportamiento de onda corta energía solar Pandi CND	37
Figura 14. Estructura actual de la “Finca La María”. Casa Principal	39
Figura 15. Proyección de Alimentación de Energía Fotovoltaica sobre la “Finca La María”. Casa Principal	40
Figura 16. Esquema propuesto de Alimentación de Energía Fotovoltaica sobre la “Finca La María”. Casa Principal	45
Figura 17. Esquema Sistema Fotovoltaico conectado a la red	47
Figura 18. Esquema de Sistema Fotovoltaico Autónomo	48
Figura 19. Tipos de Paneles Solares acorde a su capacidad y tecnología	51
Figura 20. Esquema de modelos de inversores	56
Figura 21. Modelo Esquemático de Operación Sistema Fotovoltaico	61
Figura 22. Montaje de sistema fotovoltaico de aprovechamiento y alimentación de red principal de energía	62
Figura 23. Tablero de control Sistema Generación Energía fotovoltaico Universidad Autónoma de Occidente, 2007	62

Figura 24. Componentes parte interna Tablero de control sistema fotovoltaico Universidad Autónoma de Occidente, 2007	63
Figura 25. Componentes parte externa Tablero de control sistema fotovoltaico_ Universidad Autónoma de Occidente, 2007	63
Figura 26. Componentes parte externa Tablero de control sistema fotovoltaico_ Universidad Autónoma de Occidente, 2007	64
Figura 27. Componentes parte externa Tablero de control sistema fotovoltaico_ Universidad Autónoma de Occidente, 2007	64
Figura 28. Diagrama de conexión panel solar	66
Figura 29. Planteamiento de ubicación de equipos dentro de la “finca la María”	67
Figura 30. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu	71
Figura 31. Inicio del programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu	71
Figura 32. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu	72
Figura 33. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu_ consumo de energía Eléctrica	73
Figura 34. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu_ Radiación Solar	74
Figura 35. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu_ Características de los paneles solares	75
Figura 36. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu_ Características de Banco de baterías.	76
Figura 37. Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu_ Selección datos Inversor eléctrico	77
Figura 38. Reporte de resultados Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA	78

## RESUMEN

En la vereda San Miguel del Municipio de Pandi se evidencia una situación de pérdida eléctrica en la cual se produce continuas fallas en los transformadores de energía por la recarga eléctrica de los mismos produciendo cortes incluso por 3 o 4 días, adicional cuando llega el cobro de esta energía los costos son demasiados altos para la población de la vereda. Teniendo en cuenta lo anterior, en este proyecto se presenta un plan de mejoramiento sobre la “Finca la María”, con el propósito de que contribuya en la solución al problema persistente presentado en esa comunidad.

El trabajo implementado se presenta en seis capítulos que describen el desarrollo de los objetivos propuestos. En el primer capítulo se encuentra el planteamiento del problema y justificación de la selección energética implementada en la finca “La María”, presentando un comparativo entre diferentes soluciones que pueden ser implementadas, los indicadores de impacto ambiental y la justificación de la solución desarrollada.

En el segundo capítulo se desarrolla la primera fase del plan de mejora propuesto para la finca “La María”, en el cual se realiza el diagnóstico del servicio energético de la zona de San Miguel, descripción y análisis de su ubicación geográfica y comportamiento energético. En el tercer capítulo se revisa las variables técnicas que determinaron la implementación del sistema fotovoltaico sobre la finca “La María”, así como el marco legal y normativo que se debe tener en cuenta. En el cuarto capítulo se implementa las fases 3, 4 y 5 del plan de mejoramiento, correspondientes respectivamente a las técnicas de recolección de datos, definición del tamaño del proyecto y diseño del plan de mejora. Por último, en el capítulo quinto se implementa la simulación energética que se estructura en el plan de mejora y su evaluación económica.

**Palabras claves:** Plan de mejoramiento, Energía renovable, Sistema Fotovoltaicos, Áreas remotas, sustentabilidad.

## INTRODUCCION

Los sistemas fotovoltaicos como energía renovable al día de hoy se han convertido en una forma de producción de energía eléctrica efectiva, ya que apuntan a 3 elementos básicos representadas en: ahorro, confiabilidad y protección al medio ambiente, teniendo como premisa que la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina (Hernández-Callejo, 2019).

Las preocupaciones globales y el incremento de la demanda de electricidad, especialmente para los asentamientos rurales y remotos, ha obligado a los gobiernos, científicos, ingenieros e investigadores en búsqueda de soluciones alternativas en forma de fuentes de energía renovable. El alto incremento global en aplicaciones de tecnología de energía solar ha incorporado más peso en operaciones y mantenimiento (O&M) de sistemas solares fotovoltaicos. La seguridad de SPV y el rendimiento perfeccionado del sistema son clave para garantizar el éxito y la adaptación continua de la tecnología ya que hace un papel central para garantizar la sostenibilidad y la disponibilidad a largo plazo durante la vida útil operativa de los elementos de los sistemas SPV, al tiempo que acrecienta la confiabilidad de los consumidores finales en la energía solar. Si bien se registra que las instalaciones de SPV requieren intrínsecamente acciones mínimas de mantenimiento, de igual forma, reafirmar la importancia de la programación de O&M en los sistemas SPV mediante la revisión de los enfoques de O&M en los sistemas de microrredes SPV. Las discusiones adicionales se centran en las diferentes estrategias de mantenimiento empleadas en el campo con especial énfasis en las estrategias de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Debido a la variación en los procedimientos de diseño y desarrollo de los sistemas solares fotovoltaicos.

(Hernández-Callejo, 2019)

El sistema energético a hoy representa un desarrollo tecnológico de gran impacto en el crecimiento económico siendo el 65% de la producción de energía a nivel mundial (Beltrán-Telles et. al. 2017).

Por lo cual, ya es indispensable buscar nuevas fuentes de energía para suplir las necesidades mundiales, garantizando y fomentando la calidad de vida de todo ser vivo.

En este momento uno de los trascendentales problemas ocasionados especialmente por los países industrializados es el denominado cambio climático, el cual progresivamente afecta a la población en conjunto a la fauna y flora, con reveladoras y crecientes consecuencias sociales y económicas. De igual manera los gases de efecto invernadero emanado por la combustión de la energía convencional disminuyen notablemente la capa de ozono enfocados a los países denominado del primer mundo. En las naciones unidas se reunieron actores de varios países intranquilos por el tema del cambio climático, se evaluó la principal causa de las variaciones climáticas en las últimas décadas las cuales enfocan a las emisiones de las diversas actividades humanas. Teniendo en cuenta lo anterior, es preciso cambiar de manera inmediata a otros métodos de producción de energía, un método que no contamine y continúe acabando con recursos no renovables, ahora bien, una de las iniciativas para conservar el medio ambiente es el uso de energía solar, usando la tecnología de los paneles fotovoltaicos, representando una excelente oportunidad para generar desarrollo progreso en los hogares de la comunidad. (Inoñan\_PVH, 2018)

Con la orientación precedente en la neutralidad ambiental, social y de gobierno (ESG) y la neutralidad de carbono, la industria energética se encuentra en la encrucijada de una transformación crítica. El comienzo de la electrificación y las mejoras continuas en el almacenamiento de energía han contribuido a un engrandecimiento en la actividad de desarrollo renovable a escala de servicios públicos. Tanto las empresas de energías limpias como las empresas de energía integrada buscan agregar activos más ecológicos a sus carteras.

La transición energética continuará aumentando en importancia a medida que los inversores prioricen los factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG). Los gobiernos de todo el mundo están suministrando incentivos financieros para apoyar los desarrollos eólicos y solares en gran magnitud.

La pandemia global de Covid-19 obstaculizó los proyectos de energías renovables en 2020, sin embargo, se restauró el ritmo de desarrollo. Los nuevos modelos de financiamiento ofrecen cierta flexibilidad a los desarrolladores en el desarrollo de proyectos. Las energías renovables se están

convirtiéndose en una fuente de energía atractiva a medida que los precios caen y la capacidad de almacenamiento mejora su confiabilidad. (Hussain, 2017)

La eficiencia energética y las energías renovables muestran un potencial significativo para mitigar los efectos negativos del consumo energético en incesante incremento, provocado por el aumento económico, como por la evolución de las sociedades hacia modelos más energointensivos. (Altomonte & Coviello, 2003)

En la actualidad las energías renovables están recogiendo mayor importancia en la generación de electricidad.

Los recursos fósiles no presentan una elección sostenible para el futuro ya que no son fuentes renovables de energía que favorecen a la contaminación ambiental. Dentro de las fuentes de generación renovable, la energía fotovoltaica es la más utilizada, y esto se debe a un gran número de recursos solares por radiación solar existentes e infinita en todo el planeta. Por lo anterior, los mayores avances en sistemas fotovoltaicos (libremente de la eficiencia de las diferentes tecnologías). (Hernández-Callejo, 2019)

Este avance de energías renovables fomenta la conciencia ambiental al contribuir al ahorro energético y reduce los efectos del cambio climático producido por los sistemas convencionales de producción de energía los cuales constantemente están siendo evaluados por su gran impacto económico, ambiental ya que fluctúa constantemente, y esto se está convirtiendo con los combustibles fósiles en y su incremento constante en un determinante de sostenibilidad del territorio. (Giraudi, 2014)

Contiguo con el desarrollo de las energías renovables en el mundo y las iniciativas de implementación de energías alternativas en Colombia, es preciso hacer una investigación nacional en cuanto a la implementación y uso de la energía solar fotovoltaica en Zonas No Interconectadas (ZNI) y el Sistema Interconectado Nacional (SIN). De igual manera, el desarrollo que ha tenido y su panorama futuro en lo que se refiere a la energía solar fotovoltaica. El estudio presenta los proyectos ejecutados y en ejecución durante la última década, y la capacidad instalada hasta el día de hoy tanto en el SIN como en ZNI (Inventario Fotovoltaico). (Rodríguez-Urrego, 2018)

Acorde a lo mencionado, el presente proyecto desea evaluar la factibilidad de la implementación de un sistema solar fotovoltaico sobre la finca “La María”, fomentando la conciencia ambiental, el uso, la administración y cuidado de los recursos no renovables, como lo es la energía solar. Según (Telles, 2017) enfoca su interés en la energía solar y eólica por encontrarse disponibles en mayor o menor cantidad en cualquier parte del mundo y porque su aprovechamiento permite un crecimiento económico sustentable.

La propuesta de este proyecto busca captar energía solar tomando como objeto de estudio el problema que por abastecimiento, confiabilidad, costos y condiciones de falencias en el servicio de energía eléctrica presentando intermitencia y fallas en el servicio dentro de la finca “La María” ubicada en el Municipio de Pandí Cundinamarca Vereda de San Miguel (ver figura 1), con la implementación del proyecto se pretende demostrar que existe una alternativa que mejora el suministro energético. La propuesta aplica solamente en la finca “La María”, una vez sea realizado su funcionamiento y pertinencia, se pretende extender en otro trabajo, su implementación en otras fincas del municipio.

El sistema que se desarrolla en el presente documento es un sistema solar residencial el cual se trata de la agrupación de varios módulos fotovoltaicos (placas solares) que captan la radiación solar o luz del sol, se ubican corrientemente en las cubiertas de las casas. Acorde al consumo específico de energía, varía la cantidad de módulos o paneles fotovoltaicos necesarios para abastecer la demanda. Los cuales deben estar expuestos a la luz solar y, demás escenarios climáticos, los módulos o paneles solares están fabricados para resistir estas condiciones siendo fabricados con sistemas de protección y seguridad (Ecoinventos, 2020)

Ahora bien, para viabilizar el proyecto, se deben contar con todas las herramientas necesarias para la implementación del sistema solar fotovoltaico, considerado como un sistema que produce electricidad limpia y confiable sin consumir combustibles y puede ser usada en todo tipo de aplicaciones (Gomez, 2015) Por lo tanto, es preciso recolectar la información necesaria del lugar de ubicación del proyecto para ser procesada y analizada y luego viabilizar el montaje del sistema como método de solución a este desabastecimiento.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar un Plan de Mejoramiento para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica para la finca “La María”.

### **Objetivos Específicos**

- ✓ Diagnosticar la gestión actual del servicio energético en la zona veredal de San Miguel sobre el área de ubicación de la finca “La María”.
- ✓ Establecer las variables técnicas para la implementación de la energía fotovoltaica sobre el área de la finca “La María”.
- ✓ Estructurar un plan de mejoramiento del uso de la energía fotovoltaica partiendo del resultado del análisis de las variables analizadas.
- ✓ Estimar los costos asociados a la implementación de la energía fotovoltaica en la finca “La María”.



# **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN SELECCIÓN ENERGÉTICA PARA LA FINCA “LA MARÍA”**

América Latina y el Caribe están enfrentando una serie de cambios en el sector energético. El consumo energético en los países de la región va de la mano del crecimiento económico, presionando a los países a aumentar sus capacidades de generación, transmisión y distribución para asegurar la disponibilidad de energía, es decir, la seguridad energética (Geographic, 2018)

La disponibilidad de los recursos renovables naturales está establecida por indicadores espaciales y temporales. También dependen de aspectos como ubicación del proyecto, altura sobre el nivel del mar, nubosidad existente, temperatura, humedad, topografía del terreno etc. A través de mediciones en sitio es viable determinar el comportamiento promedio del recurso en una región específica y como se indicaba anteriormente extrapolar a condiciones futuras. Este tipo de estudios de potencial y especialmente en la recopilación de la información son esenciales para determinar la implementación de un proyecto energético dentro de un país. De igual forma un país puede o no estar dotado en su subsuelo de carbón, gas o petróleo, igualmente puede disponer de agua, viento o sol, distribuidos a lo largo y ancho de su geografía (Paredes & Ramírez, 2003).

El cambio climático es un reto para el progreso de la calidad de vida de la humanidad, es allí donde se debe promover una Educación Energética encaminada a desarrollar competencias éticas y cognitivas para el uso eficiente de las fuentes no convencionales de energías renovables (FNCER). La intención de la investigación fue provocar una conciencia ambiental favorable para el uso de un sistema fotovoltaico que ayudara al ahorro energético y a la mitigación de los efectos del cambio climático (Pérez Parada, 2017).

La progresiva degradación de la capa de ozono, producida por el aumento de emisiones de dióxido de carbono por la quema de combustibles fósiles, está produciendo consecuencias que ponen en peligro la supervivencia del planeta tierra (Kutschester, 2018). El cambio climático continúa siendo una realidad que en opinión avanza más rápido de lo esperado ya que los riesgos fueron subestimados. Según este conferencista del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) las masivas emisiones de dióxido de carbono del planeta están causando olas de calor, sequías,

inundaciones y cambios no medibles y predecibles en el clima. de igual manera, la población sigue aumentando, generando aumento de la demanda energética, provocando destrucciones masivas de áreas naturales en pro al abastecimiento de la demanda ocasionando graves consecuencias para el planeta.

El progresivo consumo de energía y el uso desmedido de los combustibles fósiles ha promovido a las grandes economías del mundo a desarrollar planes estratégicos e inversiones en el uso de las energías renovables fomentando a la utilización de nuevas tecnologías con el propósito de reaccionar a la crisis global y la gran variación progresiva en los precios del petróleo; en pro del acuerdo de París sobre el cambio climático y todos los factores macroeconómicos, muchos países suramericanos han iniciado proyectos para impulsar e incentivar todos los sectores de la economía (Energética, 2003)

Ahora bien, La variación permanente de los combustibles fósiles se produce debido a su agotamiento y por los problemas existentes en las zonas petroleras, la utilización de estos hace que la contaminación aumente amenazando los ecosistemas, por la continua explotación y búsqueda de nuevos puntos de extracción (Elzinga, 2014) .

Constantemente se continúa creando un desafío de sostenibilidad económica y medioambiental, enfocados al aumento desmedido del precio de los combustibles fósiles y los gastos inscritos a la reducción de impactos ambientales, animan a que la producción de energía se convierta en un elemento definitivo para la sostenibilidad del territorio, enfocado a garantizar el abastecimiento de la demanda eléctrica en las actividades del desarrollo económico y social (Giraudy Arafet, 2014).

Con la propuesta de captar energía solar obedece a las condiciones de falencias en el servicio de energía eléctrica en el área de la finca La María ubicada en el Municipio de Pandi Cundinamarca Vereda de San Miguel, se pretende demostrar la posibilidad de mejorar la sustentabilidad del medio construido, mediante propuestas de transformación viables y económicas, además para aprovechar la energía limpia y económica, cuya viabilidad se apoya en el progreso y desarrollo tecnológico que a alcanzando la energía solar a nivel global, las energías renovables actualmente abarcan cerca del 20% del consumo mundial de electricidad, con relación a la energía solar, no

genera emisiones de CO<sub>2</sub>, es silenciosa, es una tecnologías renovables se puede integrar al paisaje rural siendo útil en zonas de difícil acceso.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que produce electricidad a partir de la radiación solar que se absorbe mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica. El módulo fotovoltaico se fabrica con materiales semiconductores con un número de células solares conectadas eléctricamente entre sí forman un módulo fotovoltaico. Varios paneles o módulos pueden ser conectados pueden ser conectados entre sí en paralelo o serie para obtener más corriente o más potencia acorde a la absorción de la radiación solar (Hernández-Callejo, 2019).

Gracias a la evolución exponencial del conocimiento científico, el hombre ha podido pasar de una idea del dominio de la energía solar a un manejo y entendimiento del comportamiento de la naturaleza. Por lo cual, se aumenta la forma de adaptación de la energía solar, inicialmente el manejo de la radiación electromagnética y procedente del sol, fomentado por el físico francés Edmond Becquerel en 1839 quien construyó la primera célula fotovoltaica de la historia y demostró experimentalmente la existencia del efecto fotovoltaico (Alvarado, 2020).

Como medida de aporte académico, personal y profesional para disminuir el calentamiento global, el proyecto busca cambiar el uso de la energía convencional por Energía limpia Fotovoltaica, la cual además de asegurar la continuidad del servicio, busca minimizar los costos de la energía convencional.

El aprovechamiento y la captación de los rayos solares para la generación de energía eléctrica ha aumentado notablemente en los últimos años, debido inicialmente al cambio climático, por lo anterior es preciso indicar que para esta región existe potencial energético derivado del aprovechamiento de la radiación solar para la utilización de sistemas renovables de energía. Para el proyecto se toma como muestra para el estudio del potencial energético el departamento de Cundinamarca basado en los mapas de radiación solar de Colombia diseñados por el IDEAM, ya que los mismos permiten alcanzar parámetros de construcción, y viabilidad técnica (UPME, 2003).

En la vereda San Miguel del Municipio de Pandi se evidencia una situación de pérdida eléctrica en la cual hay continuas fallas en el transformador de energía por la recarga eléctrica de los mismos en los cuales hay desabastecimiento de energía hasta por 3 o 4 días, implicando pérdida de alimentos refrigerados, medicamentos entre otros, adicional cuando llega el cobro de esta energía los costos son demasiados altos para la población de la vereda, ya que el desabastecimiento de energía ocasiona pérdida de alimentos. Por esta razón, se busca dar solución a esta problemática realizando una implementación de energía limpia Fotovoltaica. La implementación es sobre la Finca la María, tomado el proyecto como un proyecto piloto el cual llegar a ser la solución inicial para la vereda y luego para el municipio.

### **1.1 Comparativo de soluciones viables para la finca “La María”**

Para poder determinar la solución más conveniente del tipo de Energía renovable a utilizar se realizó un comparativo entre los diferentes tipos de energía existentes acorde a la zonificación y factores climáticos que ayudan a identificar las condiciones del territorio.

La importancia de la energía solar logra filtrarse de ser un esquema menor de contribución, como se cree en este momento, a llegar a ser la más importante fuente de energía en el 2050, ya que esta energía tiene el potencial más extenso de todas las clases de energías disponibles (Beltrán-Telles, 2017).

El beneficio energético en el mundo ha sido de gran importancia para optimizar la calidad de vida de la población, por lo cual, se ha pretendido renovar y usar constantemente nuevas tecnologías que ofrezcan seguridad social, económica y ambiental en el planeta. Alexandre Edmond revela el efecto fotovoltaico en 1839, el cual radica en transformar la energía eléctrica directamente mediante la liberación de electrones en un material semiconductor procedentes de la luz solar, estos fotones tienen diferente energía acorde con la longitud de onda del espectro solar. De igual forma simplemente algunos de ellos son aprovechados por el semiconductor (Vargas, 2018).

La magnitud de los sistemas de energía solar fotovoltaica (FV) ha confirmado en los proyectos de electrificación rural ejecutados en todo el mundo, en específico sistemas solares domésticos. El

aumento de la importancia económica de los sistemas fotovoltaicos gracias a la firme baja de sus precios, así como la implementación en otros sectores, como servicios sociales y comunales, agricultura y demás actividades productivas idóneas de aportar significativamente en el desarrollo rural. De igual manera, es preciso continuar con la investigación del potencial y las limitaciones de la implementación de este sistema (Campen, Guidi, & Best, 2000).

En la actualidad por motivación al cambio climático desproporcionado ocuriente en el planeta los países se enfocan a cambiar sus fuentes de generación eléctrica promoviendo a las renovables y al gas natural, disminuyendo la participación de las nucleares y de los combustibles convencionales, en pro a las consideraciones sociopolíticas y ambientales. De igual forma los países de la OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) son los mayores demandantes de energía primaria con el 52.6% del total, continuados por China con el 14.7%, los demás países asiáticos con el 17.2%, la antigua Unión Soviética con el 9.6%, y el resto con el 5.3%. (Nacional, 2006-2025)

De igual manera, la energía solar fotovoltaica se observa como una buena opción para reemplazar y abastecer el engrandecimiento de la demanda energética actual, ya que es recurso inagotable o finito y a la hora de producir energía no crea en gran escala impactos ambientales como los producidos por las fuentes de energía convencional que manejan recursos fósiles (Cepeda, 2017)

Acorde con el Departamento Nacional de Planeación (Planeación, 2013), el municipio de Pandi se encuentra ubicado en la cordillera oriental en su estribación occidental, a 103 kilómetros de Bogotá, cuenta con cuatro vías de acceso; Arbeláez, Icononzo, Venecia y Boquerón (sector de Puerto Triunfo - Fusagasugá), además los límites con que cuenta el municipio se encuentran al norte con el Municipio de Arbeláez, al oriente con el Municipio de San Bernardo, al sur con el Municipio de Venecia y al occidente con el Municipio de Icononzo (Tolima). E.O.T, (2013) como se muestra en la Figura 1.

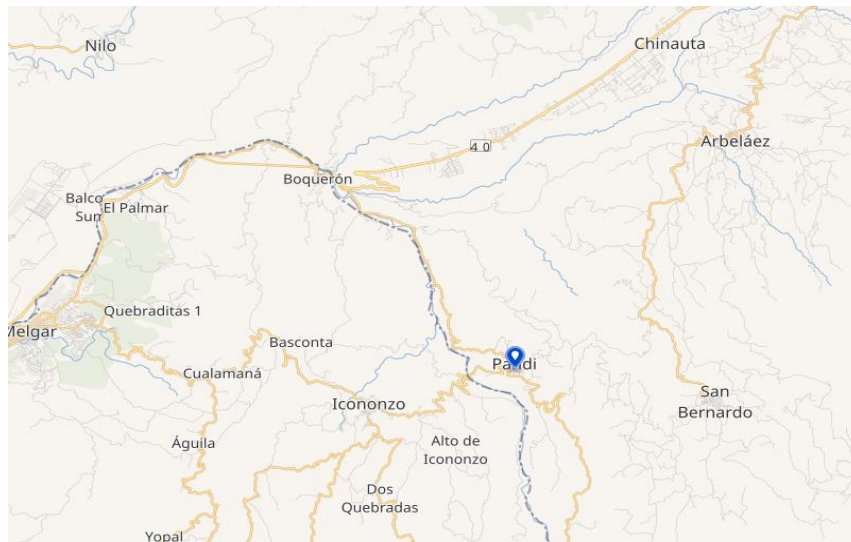
**Figura 1.**  
*Ubicación Global del Municipio de Pandi Cundinamarca*



*Nota:* En la Figura se muestra la ubicación geográfica del municipio de Pandi sobre el mapa general de Cundinamarca. Tomado de: Wikipedia. (s.f.). Mapa de Cundinamarca. [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa\\_de\\_Cundinamarca\\_%28subregiones%29.svg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa_de_Cundinamarca_%28subregiones%29.svg)

**Figura 2.**

*Ubicación Municipio de Pandi Cundinamarca*



**Nota.** Ubicación geográfica del Municipio de Pandi Cundinamarca. Aplicado al caso de estudio Tomado de: Wikipedia. (s.f.). Mapa de Cundinamarca. [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa\\_de\\_Cundinamarca\\_%28subregiones%29.svg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mapa_de_Cundinamarca_%28subregiones%29.svg)

### **1.1.1. Energía Eólica sobre la finca “La María”**

La energía renovable eólica, geotérmica o solar térmica muestran una gran importancia económica. Entre las cuales se destaca la energía fotovoltaica la cual un costo de inversión de recuperación a largo plazo: acorde a lo que muestra la Comisión Económica para América Latina CEPAL (2003), de igual manera, la correlación con las pequeñas hidroeléctricas es de uno a siete. Los impedimentos financieros no enseñan un futuro prometedor; ya que dentro de su manejo capitalista dificultosamente establecerían fuentes alternativas de créditos agradables, o influencias sociales inscritas con la energía renovable (Best, 2003).

Según la Corporación Autónoma Regional, en el municipio de Pandi se tiene que la velocidad media del viento varía entre los 5 km/h y 8 km/s, en la Figura 3 se puede observar la variación de la velocidad del viento en una semana.

**Figura 3.**

*Variación velocidad del Viento Municipio de Pandi Cundinamarca*



**Nota.** En la Figura 3 se muestra la variación de las velocidades del viento en una semana, mostrándose constantes entre 58 km/h. Tomado de: Weather. (s.f.) Tiempo mensual variación del viento Municipio Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensual>

Acorde a la especificación técnica para poder usar u operar la energía del viento Eólica, es necesario que este alcance una velocidad mínima que depende del aerogenerador a usar, sin embargo, esta suele empezar entre los 3 m/s (10 km/h) y los 4 m/s (14,4 km/h), por lo anterior, revisando los datos de la velocidad del viento que produce la zona en la cual está ubicada la finca se considera como NO VIABLE este método de solución.

### 1.1.2. Energía Minihidráulica sobre la finca “La María”

Para poder establecer si la energía minihidráulica funciona sobre la finca la María se realizó una revisión de las fuentes de agua cercanas a la ubicación geográfica de la finca, por lo anterior se encontró:



Inicialmente el Municipio de Pandi se encuentra alimentado por la cuenca hidrográfica del Río Sumapaz la cual hace parte de la hoya hidrográfica del Río Magdalena, esta se ubica al sur-occidente del departamento de Cundinamarca, su extensión es de 2532,14 km<sup>2</sup>, ocupando el 13,5% del área de jurisdicción CAR. La cuenca del Sumapaz abarca los municipios de Fusagasugá, Pasca, Silvana, Granada, Tibacuy, Arbeláez, Pandi, San Bernardo, Cabrera, Venecia, Granada, Nilo y parte de Ricaurte

Esta Cuenca está conformada por una subcuenca del Río Negro cuyo principal eje fluvial lo constituye el Río del mismo nombre y sus afluentes Río La Lejía, las quebradas Naranjos, Honda, Unchia, Los Laureles, La Esmeralda y Honduras

La subcuenca del Río Negro abarca los municipios de Arbeláez, Pandi y San Bernardo, este limita al norte con la subcuenca del Río Cuja (Municipio de Arbeláez), al sur con la subcuenca Río Medio Sumapaz (municipios de San Bernardo y Pandi), al oriente con la subcuenca del Río Pilar (Municipio de San Bernardo) y al occidente con la subcuenca Medio Sumapaz (Municipio de Pandi)

Esta subcuenca está a aproximadamente a 40 km del casco urbano, y las fuentes que alimentan a la zona rural en donde está ubicada la “Finca la María” son quebradas que salen de la principal Fuente de abastecimiento de agua, por lo anterior la distancia que existe para poder modelar un Sistema Minihidráulico es un indicador de mayores cantidades de materiales, no existe caudal mayor que pueda mover una turbina y adicional todos los permisos que se deben solicitar para realizar una ocupación y uso de una Fuente de agua, por lo anterior, se considera este método de solución **NO VIABLE** teniendo como premisa los altos costos y trámites adecuados de permisos con las autoridades ambientales para este Sistema no compensan la necesidad del mismo.

### **1.1.3. Energía solar fotovoltaica sobre la finca “La María”**

Sistema abastecedor de energía a partir de la radiación solar captados por medio de módulos fotovoltaicos los cuales producen corriente eléctrica, la cual se almacena en baterías y se distribuye uniformemente por medio de un inversor para abastecer el sistema de electricidad central de la finca “La María”.

Dentro de las fuentes de energías renovables o limpias, la energía solar es la más importante, debido a su cantidad, sostenibilidad y totalmente libre de costo. Usando un colector solar con seguimiento permanente, la energía total captada en un día con gran iluminación puede incrementar su capacidad entre un 30-45% para el mismo colector solar estacionado (Arreola, 2018).

En la Figura 4 se puede observar la variación de la temperatura en una semana se realiza un análisis de indicadores de comportamiento de temperatura y radiación solar sobre el municipio de Pandi Cundinamarca zona de ubicación de la “Finca la María”.

**Figura 4.**

*Variación de temperatura sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca*



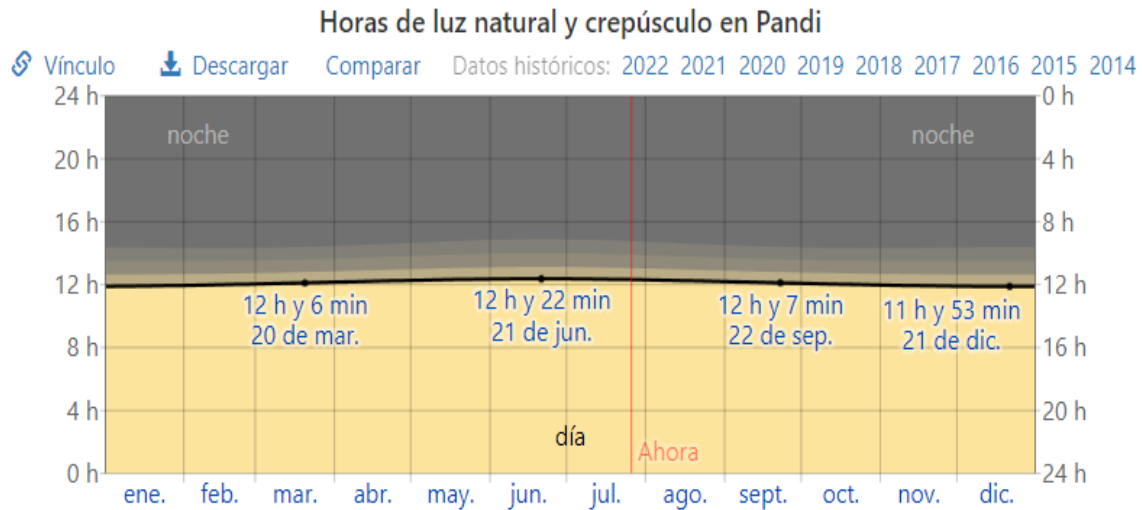
**Nota.** En la Figura 4 se muestra la variación de la temperatura la cual nos ayuda a identificar el comportamiento del sitio donde está ubicada la finca. Tomado de: Weather. (s.f.) Tiempo mensual variación de la temperatura sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensual>

El municipio de Pandi muestra una variación entre de 2,5 kW/m<sup>2</sup> a 4,5 kW/m<sup>2</sup>, sobre el registro heliográfico, de igual manera, se observa el tiempo seco es de mayor exposición a los rayos solares y el tiempo húmedo se identifica por presentar los registros más bajos. El tiempo de iluminación día en Pandi no varía cuantiosamente durante el año, solamente altera 21 minutos de las 12 horas en todo el año. Puntualizando en 2022, cuya iluminación día es el 21 de diciembre evidenciándose

como el más corto, con 11 horas y 53 minutos de luz día; la iluminación día más largo del año es el 21 de junio, con 12 horas y 22 minutos de luz día.

**Figura 5.**

*Variación horas de Luz Natural sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca.*



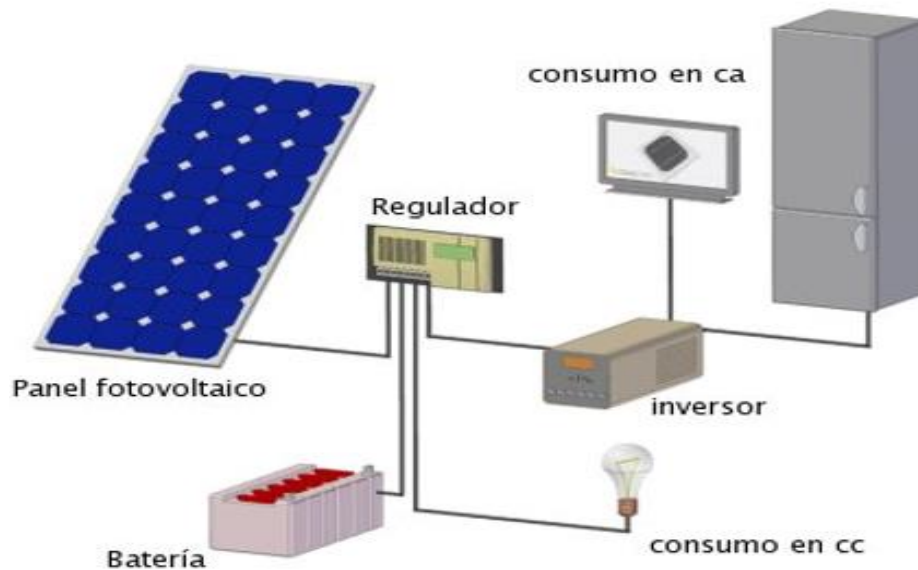
**Nota.** La Figura 5 muestra la cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (delimitación línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, y noche total. Tomado de: Weather. (s.f.) Tiempo mensual variación horas luz natural sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensual>

Teniendo en cuenta lo anterior se considera el sistema fotovoltaico **VIABLE** a aplicar como método de solución al desabastecimiento de energía sobre la “Finca la María” teniendo en cuenta la zona en la cual está ubicada y las condiciones climáticas que demuestran que todo el tiempo se puede aprovechar la radiación solar y que el sistema puede abastecer la necesidad de energía utilizando métodos de solución de energías renovables.

Después de realizar el análisis de cada tipo de energía renovable sobre “La Finca la María”, se considera **VIABLE** el uso de **ENERGIA FOTOVOLTAICA** como método de solución, se realiza el planteamiento del sistema a aplicar, en la Figura 6 se puede observar el esquema del montaje de la energía fotovoltaica.

**Figura 6.**

*Esquema de instalación fotovoltaica aislada para autoconsumo*



**Nota:** en la Figura 6 se muestran los elementos que componen un sistema fotovoltaico (Panel fotovoltaico, regulador, inversor, batería). Tomado de: Universidad Externado. (6 de Julio 2021) Se expidió la Ley No. 2111 de 2021, por medio de la cual se sustituye el título XI “De los delitos contra los recursos naturales y el medio ambiente” del Código Penal y se modifica el Código de Procedimiento Penal. <https://medioambiente.uexternado.edu.co/se-expidio-la-ley-no-2111-de-2021-por-medio-de-la-cual-se-sustituye-el-titulo-xi-de-los-delitos-contra-los-recursos-naturales-y-el-medio-ambiente-del-codigo-penal-y-se-modifica-el-codigo/>

## 1.2 Indicadores comparativos de impacto ambiental

Los principales indicadores de energía convencional son los siguientes:

- ✓ Calentamiento global (aumento de la temperatura de la Tierra - concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera)
- ✓ Disminución de la capa de ozono (proceso de reducción capa de partículas de ozono presente en la estratosfera)
- ✓ Acidificación (proceso de introducción de sustancias ácidas en el medio ambiente)
- ✓ Eutrofización (acumulación de nutrientes en las aguas con el consiguiente crecimiento masivo de organismos)

- ✓ Contaminación por metales pesados
- ✓ Sustancias carcinógenas
- ✓ Niebla de invierno (provocada por la elevada concentración en el aire de óxido de azufre y partículas en suspensión provenientes de la industria y el transporte.)
- ✓ Niebla fotoquímica o de verano (provocada por altas concentraciones de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles)
- ✓ Generación de residuos industriales (producidos por la industria)
- ✓ Radiactividad (elementos químicos, como, el uranio)
- ✓ Residuos radiactivos (producidos por las centrales nucleares)
- ✓ Agotamiento de los recursos energéticos (combustible fósiles y minerales).

El impacto medioambiental de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables. Producir un kilovatio hora (kWh) de electricidad con el mejor sistema renovable. Las energías renovables no requieren para su funcionamiento ningún proceso de combustión.

Para el cumplimiento de los objetivos del presente proyecto se definieron una serie de fases metodológicas, las cuales se detallan en los siguientes capítulos:

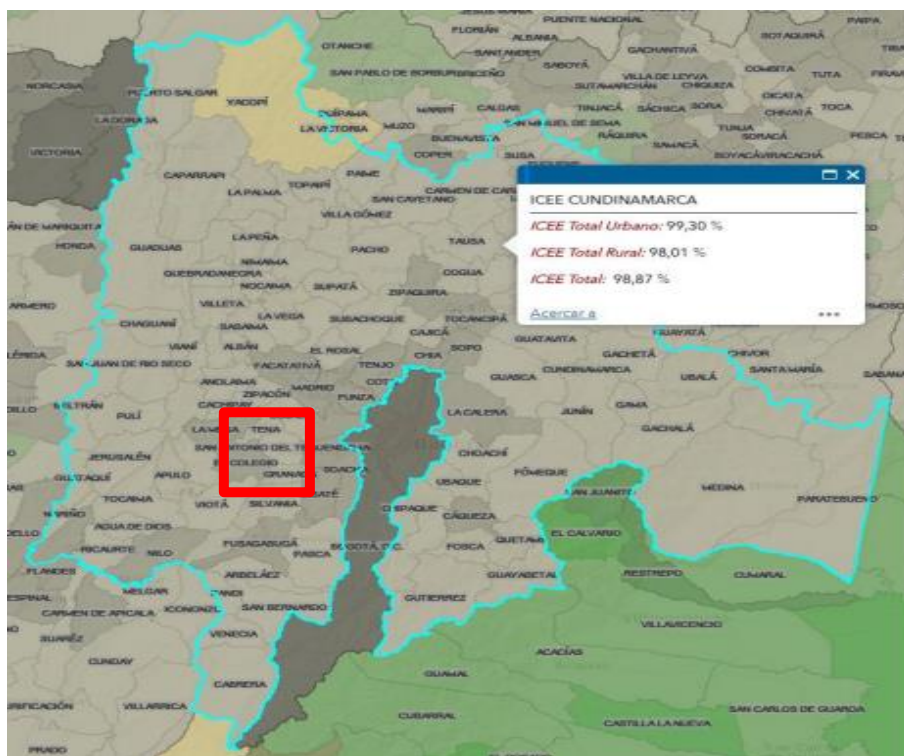
- ✓ Diagnóstico actual del servicio energético de la zona veredal de san miguel (fase 1)
- ✓ Variables técnicas para la implementación de la energía fotovoltaica sobre la “finca la maría” (fase 2)
- ✓ Selección y análisis de técnicas e instrumentos de recolección de datos (fase 3)
- ✓ Definición del tamaño del proyecto (fase 4)
- ✓ Diseño de un plan de mejoramiento para implementación de energía fotovoltaica sobre la “Finca la María” (fase 5)
- ✓ Simulación energética “Finca la María” - estructura del plan de mejoramiento energético - (fase 6)

## 2. DIAGNOSTICO ACTUAL DEL SERVICIO ENERGÉTICO DE LA ZONA VEREDAL DE SAN MIGUEL (Fase 1)

Según el PIEC (Plan Indicativo de Cobertura) 2016-2020, para el año 2015 en el país aún quedaban del orden de 425.000 viviendas sin servicio de energía eléctrica de acuerdo a los resultados preliminares para el año 2015 y los datos entregados a agosto del 2016, sin embargo, en Cundinamarca se estimó 10.026 viviendas sin servicio, de las cuales 8.486 (85%) son potencialmente interconectables y el restante 15% (1.540) deben tener soluciones aisladas en la Figura 7 se muestra la delimitación de cobertura de energía eléctrica para el municipio de Cundinamarca.

**Figura 7.**

*Índice cobertura de energía eléctrica en el departamento de Cundinamarca en el año 2016.*



**Nota:** En la Figura 7 se delimita el índice de cobertura de energía eléctrica para el Departamento de Cundinamarca el cual abarca al municipio de Pandi. Tomado de: Tomado de: Wikipedia. (s.f). Mapa de Cundinamarca <https://mapas.cundinamarca.gov.co/datasets/cundinamarca-map::cobertura-energ%C3%ADa-el%C3%A9ctrica-2016-en-cundinamarca-feature-layer>

En el marco del proyecto PERS Cundinamarca se logra observar que, en la zona rural del departamento, el 95,73 % de las viviendas cuentan servicio de energía eléctrica gracias a la interconexión al SIN, sin embargo, en la región se observa un 4,07 % en el cual usan el servicio de energía eléctrica, al no tener disponibilidad del recurso correspondiente a 10.282 viviendas, adicionalmente se presenta un 0,19%, que cuentan con servicio de energía, pero el mismo corresponde a ZNI.

En el municipio de Pandi Cundinamarca se encuentra con suministro de energía eléctrica por medio de cableado aéreo de media tensión proveniente del municipio de Melgar Cundinamarca el cual dentro de las zonas rurales en este caso para la vereda el mesón está siendo abastecida por un transformador el cual distribuye energía eléctrica para todas las veinte (20) fincas que existen en la vereda. Se analizó el comportamiento y el entorno de “la finca la María” desde todos sus componentes climático, cultural, esquema de altitud y económico del municipio de Pandi Cundinamarca, para poder determinar la dimensión de la necesidad y del sistema a implementar.

## **2.1 Ubicación geográfica**

La finca “La María” está ubicada en la vereda de San Miguel en el Municipio de Pandi a 1024 m s. n. m. con 1066 habitantes. Pandi es un municipio colombiano del departamento de Cundinamarca, ubicado en la Provincia del Sumapaz, a 103 km de Bogotá en la Figura 8 se muestra la ubicación de la “Finca la María” (Arcgis, 2021)

### Figura 8.

Ubicación Global de la “Finca la maría”



*Nota.* La figura representa la ubicación satelital de la “Finca la María”.

Tomado de: Mapasny Estadísticas (s.f.)Mapas Cundinamarca 2021

<https://mapasyestadisticas-cundinamarca-map.opendata.arcgis.com/>

#### 2.1.1 Vegetación

El municipio de Pandi Cundinamarca cuenta con una gran variedad de bosques como lo son el bosque húmedo, bosques seco tropical, bosques de ripario, bosques de rastrojos y gran variedad de bosques secundarios. Gracias a esta gran variedad de bosques se produce microclimas en la región; en cuanto a las formas de vida y crecimiento vegetal el municipio en la parte nor-oriental predomina el bosque seco tropical, la vereda san miguel se caracteriza por ser zona cafetera, además de cultivar arveja, tomate, habichuela, maíz entre otros. (Avendaño, Mayo 2019)

#### 2.1.2 Clima

En el Municipio de Pandi Cundinamarca, se evidencian veranos cortos y acalorados; los inviernos son cortos, agradables y humedecidos. Durante el transcurso del año, la temperatura varía de 18 °C a 29°C y rara vez baja a menos de 16 °C sube a más de 32 °C. (Avendaño, Mayo 2019)

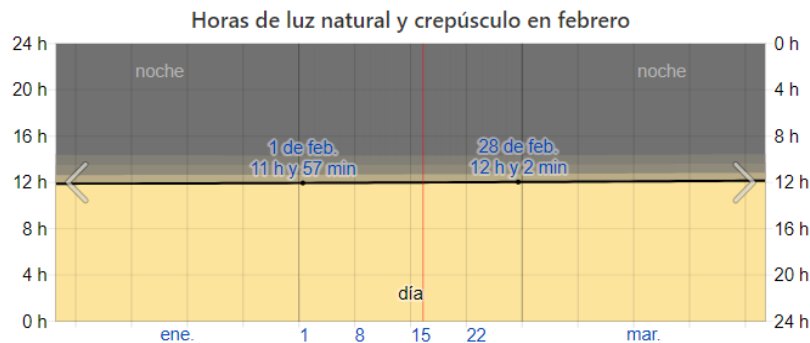


### 2.1.3 Sol

La duración del día en Pandi no varía grandemente durante el año, solamente varía 21 minutos de las 12 horas en todo el año. El día más corto identificado en todo el periodo del año es el 21 de diciembre, con 11 horas y 53 minutos de luz natural; y el día más extenso identificado durante el periodo del año es el 20 de junio, con 12 horas y 22 minutos de luz día. (Avendaño, Mayo 2019)

**Figura 9.**

*Esquema de variación horas de Luz Natural sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca en febrero Pandi CND*



**Nota.** La figura representa el comportamiento de la luz solar en el día en el Municipio de PANDI. Tomado de: Weather. (s.f.) Esquema de variación horas de luz sobre el Municipio de Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensuales.weatherspark.com/y/23355/Clima-promedio-en-Pandi-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

La Figura 9 es un indicador del comportamiento de la cantidad de horas aprovechables de radiación solar visible en un día normal del mes de febrero (línea negra), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.

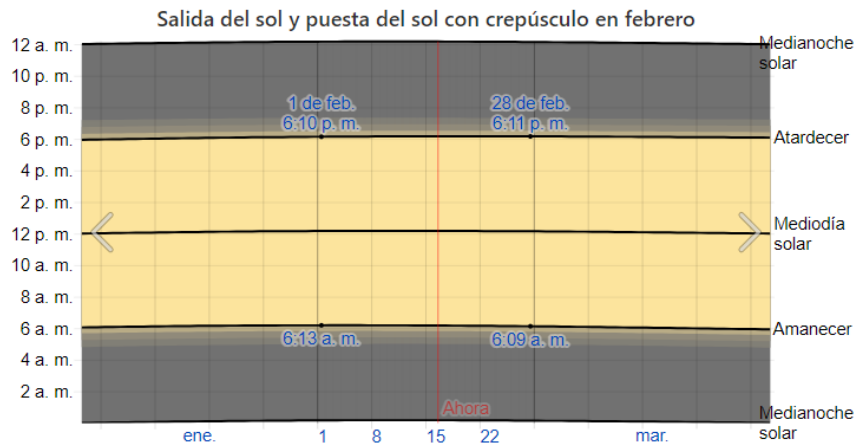
## 2.2 Análisis del comportamiento energético en el municipio de Pandi Cundinamarca

La temperatura máxima diaria que existe en el Municipio del Pandi Cundinamarca se encuentra alrededor de 29 °C, infrecuentemente baja a menos de 27 °C o puede aumentar hasta 32 °C. La temperatura máxima promedio diaria es 29 °C como referencia se toma el 8 de febrero. La

temperatura mínima diaria evidenciada se encuentra alrededor de 19 °C, infrecuentemente disminuye a menos de 16 °C y puede aumentar a 20°C. Como referencia se toma el 5 de febrero como el día más caluroso del año del periodo anual, la temperatura en Pandi varía de 18 °C a 29 °C, mientras que el 11 de enero del periodo del año, se considera el día más frío del año, el cual varía de 18 °C a 29 °C.

**Figura 10.**

*Esquema de variación del Comportamiento salida del sol con tiempo lunar febrero Pandi CND*



**Nota.** La figura representa el comportamiento de salida del sol en estación lunar en Pandi CND. Tomado de: Weather. (febrero 2021) Esquema de variación del comportamiento salida del sol con tiempo lunar febrero Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensuales.weatherspark.com/m/23355/7/Tiempo-promedio-en-febrero-en-Pandi-Colombia>

Acorde al seguimiento climático la hora de la salida del sol más tarde del mes en Pandi es a las 6:13 a. m. tomando como referencia el 4 de febrero y la hora más temprana de la salida es 4 minutos más temprano a las 6:09 a.m. tomando como referencia el 28 de febrero. La postura del sol más temprana en el Municipio de Pandi Cundinamarca es a las 6:10 p. m. tomando como referencia el 1 de febrero y la postura del sol más tarde es 1 minuto y 50 segundos más tarde a las 6:11 p.m. tomando como referencia el 19 de febrero.

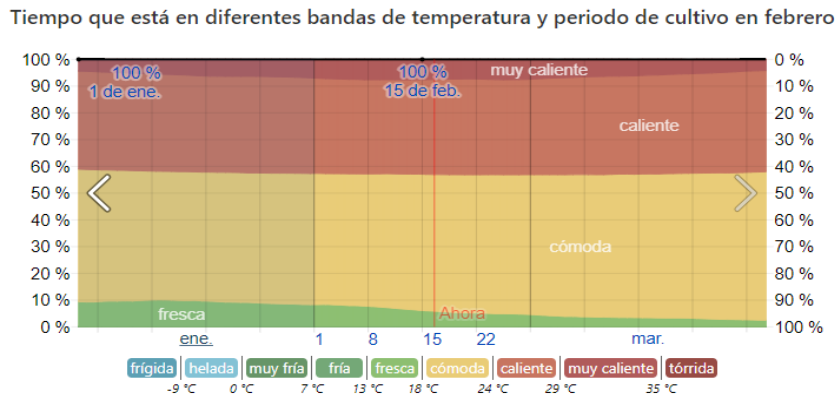
En la Figura 10 se muestra el comportamiento del sol en un día del mes de febrero durante el periodo del año. De la parte inferior hacia la superior, las líneas negras delimitan y resaltan la medianoche solar anterior, la salida del sol, el mediodía solar, la puesta del sol y la siguiente medianoche solar. La noche se muestran por el color de las bandas, de amarillo a gris, lo cual muestra que el aprovechamiento de radiación solar esta entre las 6 a.m. (amanecer) y las 6 p.m. (atardecer). (<https://es.weatherspark.com>, 2021)

### 2.2.1 Periodo de cultivo

El periodo de cultivo varía en todo el mundo, se precisa con el tiempo continuo más largo de temperaturas sin heladas ( $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) del año del 1 de julio al 30 de junio en el hemisferio sur). La temperatura en Pandi permanece bastante cálida todo el año, en la siguiente tabla puede observar la variación de la temperatura en el área durante el año. (<https://es.weatherspark.com>, 2021)

**Figura 11.**

*Esquema de variación de comportamiento de temperatura y cultivo en febrero Pandi CND*



**Nota.** Comportamiento de temperatura y cultivo en febrero Pandi CND.

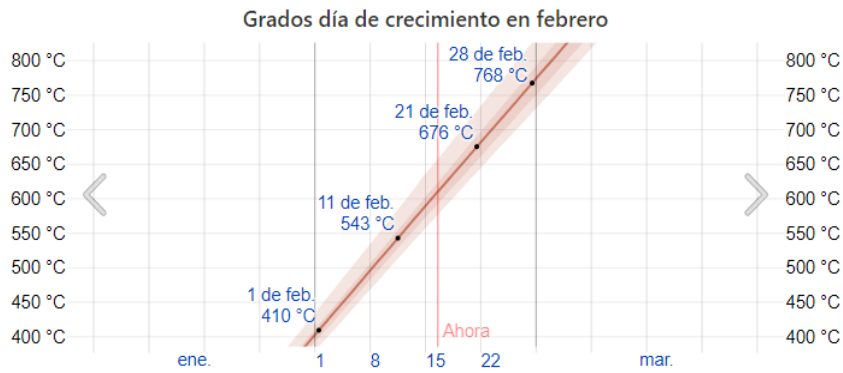
Tomado de: Weather. (febrero 2021) Esquema de variación de comportamiento de temperatura y cultivo en febrero en Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensual>

[es.weatherspark.com/m/23355/7/Tiempo-promedio-en-febrero-en-Pandi-Colombia](https://es.weatherspark.com/m/23355/7/Tiempo-promedio-en-febrero-en-Pandi-Colombia)

El desarrollo de las plantas y los animales se puede determinar realizando un seguimiento al comportamiento calorífico de la región y está definida por la integral térmica que supera la temperatura estándar que permanece en la región, eliminando el exceso por fuera de una temperatura máxima estimada dentro del área de estudio. Por lo anterior para identificar las variaciones se determina una base de 10 °C y un tope máximo de 30 °C de la temperatura de la región o área analizada, Los días del periodo de cultivo promedio acumulados en Pandi están aumentando rápidamente durante el mes de febrero del periodo del año, subiendo a 358 °C, de 410 °C a 768 °C. (<https://es.weatherspark.com>, 2021)

**Figura 12.**

*Esquema de variación de comportamiento de temperatura y aumento en febrero Pandi CND*



**Nota.** Comportamiento de temperatura en febrero Pandi CND. Tomado de: Weather. (febrero 2021) Esquema de variación de comportamiento de temperatura y aumento en febrero en Pandi Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensuales.weatherspark.com/m/23355/7/Tiempo-promedio-en-febrero-en-Pandi> Colombia

### 2.2.2 Energía solar

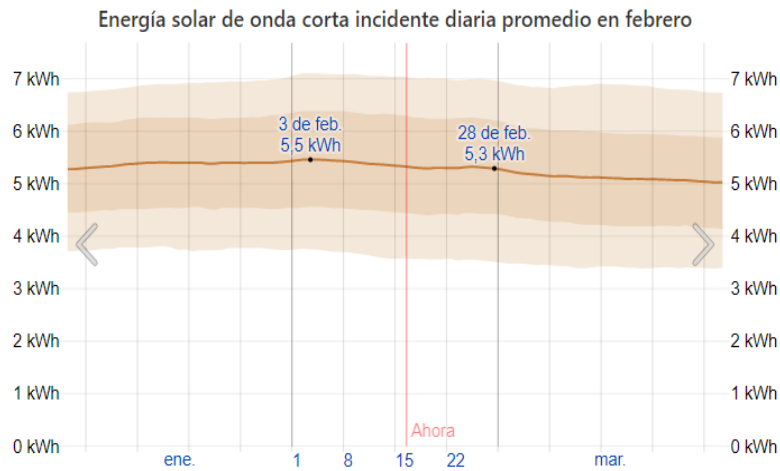
La energía solar de onda define el suceso diario total que alcanza sobre la superficie de la tierra en un área extensa, visualizando las transiciones estacionales de la permanencia del día, la elevación

del sol sobre la superficie y la filtración de las nubes además de otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta contiene luz visible y radiación ultravioleta.

El diario promedio de energía solar en Pandí es constante en febrero, y permanece en un margen de más o menos entre 0,1 kWh de 5,4 kWh en la Figura se puede observar el comportamiento de la energía solar presente en el mes de febrero sobre el municipio de Pandí.

**Figura 13.**

*Esquema de comportamiento de onda corta energía solar Pandí CND*



**Nota.** Comportamiento la energía solar presente en el mes de febrero sobre el municipio de Pandí. La energía solar de onda corta promedio diario que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles. Tomado de: Weather. (febrero 2021) Esquema de comportamiento de onda corta energía solar en Pandí Cundinamarca <https://weather.com/es-US/tiempo/mensuales.weatherspark.com/m/23355/7/Tiempo-promedio-en-febrero-en-Pandi-Colombia>

### **2.2.3 Fuentes de los datos**

El análisis de temperatura realizado muestra la variación del clima típico en Pandi, establecido con análisis estadísticos de informes climatológicos históricos analizados del 1 de enero de 1980 al 31 de diciembre de 2021. (<https://es.weatherspark.com>, 2021)

### 3 VARIABLES TÉCNICAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ENERGÍA FOTVOLTAICA SOBRE LA “FINCA LA MARÍA” (Fase 2)

En esta sección se revisó todas las variables técnicas que determinaron la implementación del sistema fotovoltaico sobre la “Finca la María”, por lo anterior se verificó que existen elementos eléctricos dentro de la casa, como son: Iluminación, estufa, nevera, televisor, horno, iluminación exterior, que esta no es una finca productiva de alimentos perecederos que no implican mayor capacidad energética si no la de los elementos que actualmente funcionan con energía eléctrica.

#### 3.1. Estructura física actual (enero 2022) finca “La María”

La “Finca la María” tiene un área de 8890 m<sup>2</sup>, la cual se compone de una casa de 280 m<sup>2</sup> en estructura de ladrillo soportada por columnas de 30x30 estructuralmente diseñadas para soportar un 2do piso referente a 9800 kg, sin embargo, soporta la cubierta que está compuesta de una estructura metálica y tejas Eternit de No 6 referentes a 3360 kg, por lo anterior se tiene 6440 kg que puede soportar la estructura de la casa adicional a los paneles que se soportaran sobre la misma, en cuanto a los elementos eléctricos existe actualmente: 1 televisor, 1 horno eléctrico, 1 estufa eléctrica, 2 duchas eléctricas, 7 bombillos, 1 nevera en la Figura se muestra la casa de la “finca la María”.

**Figura 14.**

*Estructura actual de la “Finca La María”. Casa Principal*



**Nota.** La Figura muestra la casa principal existente en “Finca la María” – quien contribuye con la toma del registro fotográfico es José Suarez enero 2021.

**Figura 15.**

*Proyección de Alimentación de Energía Fotovoltaica sobre la “Finca La María”. Casa Principal*



*Nota.* En la Figura se muestra la propuesta de montaje de equipos para alimentación del sistema de Energía fotovoltaica sobre la Casa Principal “Finca la María” paralela a la red de alimentación principal existente, la cual en caso de algún tipo de falla que se pueda presentar en el sistema siempre exista un cubrimiento de abastecimiento de energía eléctrica. quien contribuye con la toma del registro fotográfico es José Suarez enero 2021.

### **3.2 Marco legal y normativo**

El Ministerio de Minas ha implementado normatividad para que se establezca la energía renovable o energía no convencional en el sistema energético nacional como fuente de desarrollo económico sostenible. En la tabla 1, se muestra un resumen de la normatividad reglamentaria vigente en el cumplimiento de uso elementos que compone el sistema fotovoltaico como método de solución con energía renovable.



**Tabla 1.***Normatividad reglamentaria de uso energía Renovable*

<b><i>Normatividad</i></b>	<b><i>Descripción</i></b>
Ley 1715 de 2014	“Esta ley regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”, la cual busca además promover la gestión eficiente de energía, que comprende la eficiencia energética como la respuesta de la demanda.
Resolución 030 de 2018	“Esta resolución regula actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuido en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)”
Resolución 038 de 2018	“Por medio de la cual se normaliza la actividad de autogeneramiento en las zonas aislada y se establecen algunas disposiciones sobre la generación tratada en las zonas no interconectadas (ZNI)”
Resolución Min Ambiente 1283 de 2016	“Esta resolución constituye el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental por la implementación de proyectos de energías renovables –FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios mencionados en los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras.
Decreto 2143 de 2015	“Por el cual se adopta el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, acorde a los lineamientos establecidos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014”
GTC 114	Esta guía muestra las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, para la población rural dispersa en Colombia.
NTC 2775	Energía solar fotovoltaica, términos y esclarecimientos
NTC 5287 y 2959	Normas técnicas de las baterías para componer el sistema y uso en energía fotovoltaica. Caracterización o guía para las baterías de almacenamiento fotovoltaico.
NTC 2883	Energía fotovoltaica. Estructura, paneles, módulos fotovoltaicos
NTC 4405	Valoración de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.
Resolución UPME 0281 de 2015	“con esta resolución se define el límite máximo de potencia de la autogeneración de energía a pequeña escala”
Resolución CREG 024 de 2015	“En esta resolución se logra regular la actividad de autogeneración en gran magnitud sobre el Sistema Interconectado Nacional”

**Tabla 1.** (Continuación)

<i>Normatividad</i>	<i>Descripción</i>
Decreto 1623 de 2015	“con este decreto se realiza la modificación y se adiciona el Decreto 1073 de 2015, enfocado al establecimiento de lineamientos de políticas para el crecimiento de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas o aisladas”.
Decreto 2492 de 2014	“con este decreto se amparan disposiciones de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda”.
Decreto 2469 de 2014	“con este decreto se constituyen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración”.

*Nota.* Esta tabla agrupa las diferentes normas y Decretos reglamentarios para la implementación de la energía renovable en Colombia.

El sistema cumple todos los requisitos de ley mostrados en la tabla 1 siguiendo los lineamientos dictados en la normatividad de implementación de energía renovable en Colombia.

### **3.3 Variables técnicas para la implementación de la energía fotovoltaica**

Para poder continuar con el diseño del sistema fotovoltaico sobre la finca “La María” es preciso tener en cuenta todos los factores internos y externos que afectan de manera directa el desarrollo del mismo. Ahora bien, estos elementos son la base clave para la viabilidad del proyecto o la toma de decisión en algún instante de tiempo se enfocan en el contexto social, económico, político, tecnológico, ambiental y climático (González, 2017); teniendo en cuenta lo anterior se procede a revisar cada uno de los mismos:

#### **3.3.1 Factores determinantes:**

Para la ejecución de los objetivos y las metas del proyecto es necesario establecer las actividades por cada uno de los objetivos propuestos. Para ello se tiene:

- ✓ Analizar los indicadores climáticos que muestren o estimen los potenciales y demás variables para establecer la capacidad de aprovechamiento de la energía fotovoltaica. (Recopilación bibliográfica y análisis sobre el uso de la energía fotovoltaica además de la descripción de las características geográficas de la zona)
- ✓ Analizar la estrategia de uso de la energía renovable en Colombia (Recopilación Bibliográfica y análisis sobre estrategia del uso de energías renovables en Colombia, descripción de las características geográficas de la zona – municipio de Pandi Vereda San Miguel, caracterización de los factores climáticos).
- ✓ Priorizar las variables necesarias para la aplicación de la implementación de las energías limpias en el municipio de Pandi Vereda San miguel sector el mesón. (Evaluación el diseño conceptual y de ingeniería del proyecto)
- ✓ Evaluar la factibilidad técnica y financiera de la aplicación de la estrategia las energías limpias en el municipio de Pandi Vereda San miguel sector el mesón. (Estimación y análisis de costos de aplicación de la estrategia propuesta)

### **3.3.2 Factores económicos**

Para el desarrollo del proyecto se considera evaluar el beneficio que recibirá la finca “La María” con la implementación del mismo.

### **3.3.3 Factores políticos**

El desarrollo del proyecto debe estar alineado con la normatividad y políticas de las cuales se rige el país. (remitirse al Marco legal y normativo).

### **3.3.4 Factores socioculturales**

Se analizó la tendencia y comportamiento del personal dentro del predio para determinar los consumos y comportamientos de gastos de energía actuales.

### **3.3.5 Factores ambientales**

Se analizó el comportamiento de la comunidad frente a de qué manera influye el sistema en la conservación del medio ambiente, y cómo se aprovechan los recursos al máximo para incentivar la preservación ambiental. (remitirse al análisis de determinantes de energía renovable a implementar Capítulo 1 Numeral 1.1 Págs. 28-33).

### **3.3.6 Factores tecnológicos**

Se analizó que el sector no cuenta con ningún componente tecnológico, se evaluó la no existencia de algún tipo de implementación de uso de energía renovable sobre el sector y se encuentra que aún no se ha implementado ninguno en el Municipio ni en ningún sector aledaño.

### **3.3.7 Factores climáticos**

Se estudió la zona de ubicación de la finca “La María” fundamental para la implementación del sistema fotovoltaico o cualquier sistema que se desee implementar como una variable determinante del sistema (remitirse al análisis de determinantes de energía renovable a implementar), ya que se todos los elementos climáticos afectan directamente el comportamiento del proyecto sobre la zona de ubicación de la finca “La María”.

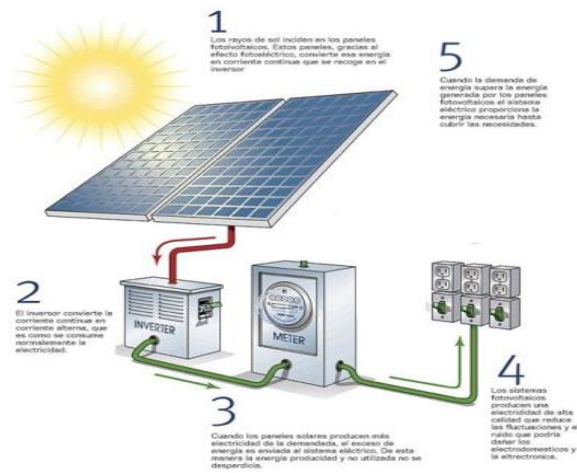
## **3.4. Energía fotovoltaica.**

Un sistema fotovoltaico es un sistema abastecedor de energía a partir de la radiación solar en la zona donde se va a ubicar el sistema la instalación por medio de módulos fotovoltaicos que producen corriente eléctrica, almacenándose en baterías y se distribuyéndose uniformemente por

medio de un inversor que abastece el sistema de electricidad central de la finca “La María “en la siguiente Figura se muestra la composición del sistema de energía fotovoltaica y como esta conformad la distribución de los elementos que lo componen.

**Figura 16.**

*Esquema propuesto de Alimentación de Energía Fotovoltaica sobre la “Finca La María”. Casa Principal*



**Nota.** Composición esquematizada de elementos de funcionalidad del sistema de Energía Fotovoltaica propuesta para abastecimiento de energía sobre la Casa Principal “Finca la María”. Tomado de: JS Gonçalves, RM Vasconcelos - Journal of Cleaner ..., 2017 – Elsevier Volume 142, Part 1, 20 January 2017, Pages 461-475. Vasconcelos, P.; Aguirre, M. (2017).

### 3.4.1. Clasificación de Energía Fotovoltaica acorde a su instalación

La instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica puede clasificarse dependiendo de su autonomía acorde a una conexión a la red principal (autónoma, conectada a la red), o en la que se acumule la energía (directo, con acumulación).

### **3.4.2. Sistema Fotovoltaico autónomo o aislado**

Son utilizados para suministrar energía eléctrica a viviendas aisladas que no cuentan con conexión a red de distribución de energía eléctrica convencional. También llamados sistemas aislados si al sistema se le agregan otras fuentes adicionales de energía como generadores diésel, aerogeneradores, etc., o sistemas híbridos.

#### **Ventajas**

- Son una alternativa técnico y económico de generación eléctrica, en lugares donde no hay conexión a una red de distribución eléctrica o los costos relativos de otros son altos, como generadores de diésel, baterías, etc.

#### **Desventajas**

- Puede implicar un cambio de las luminarias para que tengan relación de lúmenes/watt para optimizar el consumo energético, puede implicar costos adicionales.
- Debe usar baterías que implican un costo significativo en el sistema además de que sólo se puede extraer el 80% de la energía almacenada

### **3.4.3. Sistema Fotovoltaico conectado a la red**

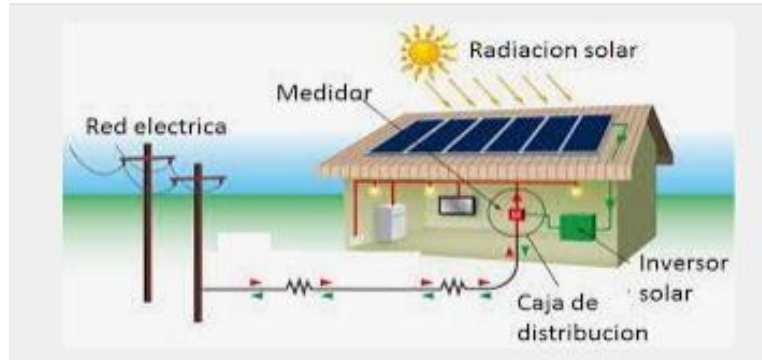
Están conformado por módulos fotovoltaicos, un inversor para la conexión a la red, un transformador y un contador de energía bidireccional. Siendo el inversor uno de los componentes más importantes de este sistema, aumenta la producción de corriente del dispositivo fotovoltaico y optimiza el paso de energía entre el panel fotovoltaico y la carga.

Este componente transforma la energía continua producida por los módulos o paneles fotovoltaicos en la energía alterna necesaria, para inyectarla a la red, con la que trabaja el sistema de intercambio, cuenta con un dispositivo electrónico extrae la máxima potencia del generador fotovoltaico. El transformador y los dispositivos de cambio sirven para que la energía eléctrica introducida tenga todas las características requeridas por la misma. El contador mide la energía producida por el

sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento (Santamaría, 2010) . En la Figura se muestra un esquema de montaje de un sistema fotovoltaico sobre la cubierta de una vivienda, el cual es un ejemplo del montaje propuesto para “La Finca La María”.

**Figura 17.**

*Esquema Sistema Fotovoltaico conectado a la red*



**Nota.** En la Figura se muestra un esquema de montaje del sistema fotovoltaico sobre vivienda para proyección de alimentación de Energía conectado a la red sistema de recirculación eléctrica. Tomado de: Sopelia (julio 2021) Esquema Sistema Fotovoltaico conectado a la red, solar platform América Latina, sábado, 17 julio 2021

### **Ventajas**

- Cuenta con potencial de uso para las zonas urbanizadas de la red eléctrica.
- Consigue mejorar la calidad del servicio de energía suministrado por la red de energía convencional, soportado en que la máxima producción del sistema debe coincidir con horas en que los problemas de suministro de la red principal sean más exigentes

### **Desventajas**

- Este sistema requiere un mayor costo de su instalación ya que los equipos son más robustos.

#### **3.4.4. Clasificación de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos**

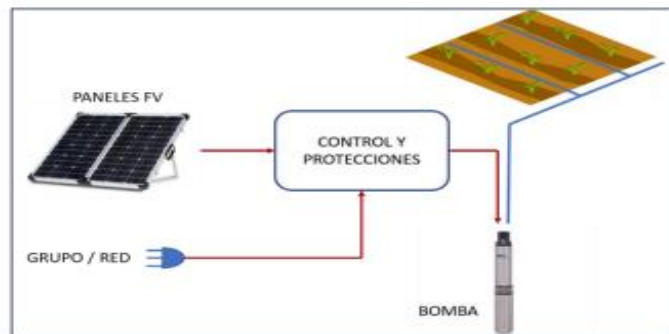
Se pueden clasificar en sistemas fotovoltaicos directos o sin acumulación y sistemas fotovoltaicos con acumulación.

### 3.4.5. Sistema Fotovoltaico Autónomo Directo

Radica en conectar el generador fotovoltaico directamente al circuito de utilización y no disponen de sistema de acumulación eléctrica. Se utiliza en aplicaciones donde el uso de la energía eléctrica se puede limitar a los momentos en los que hay radiación solar. Ejemplo elementos: calculadoras, juguetes, cargadores de baterías de dispositivos móviles, etc. Otro uso es para sistemas de bombeo de agua, en este se acondiciona un sistema de acoplamiento que dispone y controla la energía eléctrica entre los módulos fotovoltaicos y el motor de la bomba del agua, en la Figura se muestra la configuración del sistema y los elementos que lo componen (Castejón & Santamaría, 2010), (Arija, 2010)

**Figura 18.**

*Esquema de Sistema Fotovoltaico Autónomo*



**Nota.** En la Figura se muestra el esquema de elementos necesarios para alimentación de Energía Fotovoltaica directa sin acumulación eléctrica. Tomado de: Vicente Vernia bombeo solar Esquema solar fotovoltaico autónomo Pdf. (2017/18) Esquema de sistema Fotovoltaico autónomo. siv007 págs. 5-8 Tecnología fotovoltaica.

#### **Ventajas**

- Es menos costoso, de mayor facilidad de instalación.
- No requiere el uso de baterías, reguladores o inversores.



### **Desventajas**

- la potencia del sistema está limitado a la cantidad y a la intensidad de radiación y brillo solar únicamente en el día ya que no existe un elemento acumulador de energía.

#### **3.4.6. Sistema Fotovoltaico Autónomo con acumulación**

Este sistema se usa para aplicaciones que requieren suministro de energía constante, independiente de la cantidad de radiación solar. Está conformado por una batería que almacena la energía producida en el día, para utilizarla cuando no exista radiación solar.

Este tipo de sistemas se pueden hallar en la electrificación de viviendas, el alumbrado público, señalización de carreteras y autopistas, repetidores de telecomunicaciones, provisión eléctrica para vehículos, embarcaciones, satélites artificiales, además de cualquier aplicación que no cuente con una línea de distribución eléctrica cercana y necesite de un flujo constante de electricidad. (Santamaría, 2010)

### **Ventajas**

- Su recurso de energía no es limitado a la cantidad de horas de luz solar en el día.

### **Desventajas**

- Este sistema requiere la adición de un regulador que controla el proceso de carga y descarga para preservar la vida útil de la batería del sistema, el cual puede causar cortocircuito o un incendio si no se le realiza un mantenimiento correcto.

#### **3.4.7. Determinación de horas pico de radiación (HSP)**

Con la ecuación 1 se puede determinar las horas de radiación solar aprovechables para la generación de energía eléctrica por medio de los paneles fotovoltaicos.

$$HSP = \frac{\text{radiación promedio en el lugar de instalación}}{\text{mayor radiación por } m^2} \quad (Ec. 1)$$

#### **3.4.8. Potencia a instalar (Pins)**

En esta variable inicialmente se debe establecer el consumo de energía por día teniendo en cuenta la demanda mensual que se gasta en la finca o pico energía eléctrica mensual (Ecuación 2), luego con el cálculo del consumo se procede a calcular la potencia a instalar, la cual resulta de dividir el consumo de energía por día sobre las horas pico solares que se determinan acorde a el comportamiento climatológico de la zona, en este caso de 6 a.m. a 6 p.m. (Ecuación 3)

$$\text{Consumo} = \left( \frac{\text{demanda mensual}}{1 \text{ mes}} \right) \left( \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \right) \quad (\text{Ec. 2})$$

$$P_{\text{ins}} = \frac{\text{consumo de energía por día}}{\text{horas pico solar}} \quad (\text{Ec. 3})$$

#### **3.4.9. Factor de planta (FP)**

Esta variable se estableció por la diferencia de temperaturas a la que está expuesta el panel solar y la temperatura a la cual fue probado este panel.

#### **3.4.10. Numero de paneles**

Esta variable se calculó para subsanar la demanda de energía necesaria que requiere dentro de la “Finca la María”, esta se determina con la potencia a instalar antes calculada y la potencia máxima que produce un panel solar que se selecciona (Ecuación 4).

$$\begin{aligned} &\text{Número de paneles solares} \\ &= \frac{\text{potencia a instalar}}{\text{Máxima potencia generada por el panel solar}} \quad (\text{Ec. 4}) \end{aligned}$$

#### **3.4.11. Dimensiones del panel solar**

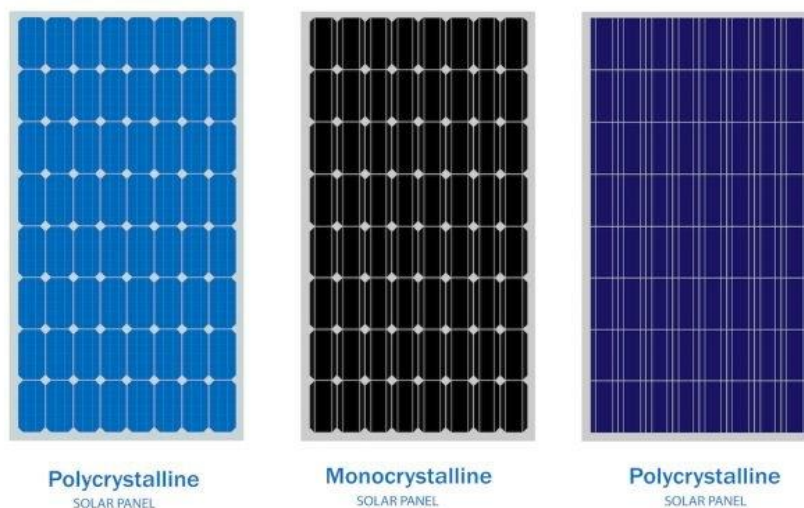
Existen varios modelos los paneles solares y referencias con varias medidas acorde a la capacidad y tecnología de cada panel. Regularmente tienen dimensiones similares, pero varían su dimensión acorde al proveedor.

Las superficies de los paneles o el área suelen ser similar. Debido al tamaño de la celda fotovoltaica que incorporan, pero existe un elemento diferente que está asociado a que no existe un dimensionamiento exacto para la capacidad del mismo.

Otros factores que influyen es la potencia generada por cada panel y la tecnología usada (policristalina, capa fina, amorfa, etc.).

De igual forma, existe una referencia que permite el espacio entre filas si el plano se inclina usando un bastidor en un techo de área plana, y también debe permitir 2 cm entre los paneles para las abrazaderas.

**Figura 19.**  
*Tipos de Paneles Solares acorde a su capacidad y tecnología*



**Nota.** En la Figura se muestran diferentes modelos de paneles solares, con diversas medidas según su capacidad y tecnología. Tomado de: Celdares, San Melchor 1529. Energías renovables a tu alcance febrero 2021.

Con frecuencia, los paneles solares son de tamaño mediano. regularmente tienen las siguientes medidas:

**Paneles policristalinos y monocristalinos (potencia máxima entre 230 W y 245 W)**

Estos son aquellos que están formadas por pequeñas partículas cristalizadas, sus dimensiones pueden estar determinados por las siguientes medidas:

- ✓ Altura 160 – 170 cm.
- ✓ Ancho 90 – 100 cm.
- ✓ Espesor 4 – 5 cm.

### **Paneles monocristalinos (potencia máxima entre 190 W y 200 W).**

Estos paneles se componen de secciones de un único cristal de (Si) compuesto por silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los 4 lados cortos correspondientes a las siguientes medidas:

- ✓ Altura 130 – 140 cm.
- ✓ Ancho 90 – 100 cm.
- ✓ Espesor 4 – 5 cm.

### **Paneles de capa fina (potencia máxima entre 77,5 W y 87,5 W).**

Estos paneles se determinan cuando el silicio no se ha cristalizado

- ✓ Altura 120 cm.
- ✓ Ancho 60 cm.
- ✓ Espesor 0,6 – 0,7 cm.

En promedio, los paneles de silicio cristalino de 180 – 190 W son 10 – 15 cm más bajos y estrechos que los paneles de 230 – 240 W. Estos paneles fotovoltaicos no superan los 170 cm de alto y 100 cm de ancho. Tienen una superficie rectangular sobre un tejado inclinado de 100 cm a 170 cm el cual es capaz de producir una potencia pico media de 230 W.

Medidas existentes de los paneles solares fotovoltaicos detallados en milímetros.

- ✓ 320 vatios – 992 mm x 1950 mm x 40 mm.
- ✓ 275 vatios – 992 mm x 1640 mm x 40 mm.
- ✓ 270 vatios – 992 mm x 1640 mm x 40 mm.
- ✓ 265 vatios – 992 mm x 1640 mm x 40 mm.
- ✓ 240 vatios – 992 mm x 1475 mm x 40 mm.
- ✓ 200 vatios – 992 mm x 1240 mm x 40 mm.
- ✓ 160 vatios – 670 mm x 1475 mm x 35 mm.
- ✓ 130 vatios – 670 mm x 1205 mm x 35 mm.
- ✓ 120 vatios – 670 mm x 1115 mm x 35 mm.
- ✓ 100 vatios – 670 mm x 945 mm x 35 mm.
- ✓ 80 vatios – 670 mm x 770 mm x 30 mm.
- ✓ 60 vatios – 505 mm x 770 mm x 30 mm.
- ✓ 50 vatios – 505 mm x 650 mm x 25 mm.
- ✓ 40 vatios – 505 mm x 550 mm x 25 mm.
- ✓ 30 vatios – 345 mm x 605 mm x 25 mm.
- ✓ 20 vatios – 345 mm x 470 mm x 25 mm.
- ✓ 10 vatios – 185 mm x 415 mm x 18 mm.

### **3.4.12. Dimensionamiento banco de baterías**

En un sistema fotovoltaico de uso casero que cuenta con paneles, inversor y baterías, el funcionamiento es simple. Ya que pueden usarse por sí solos, para optimizar la gestión de la electricidad consumida en el hogar.

En cuanto al funcionamiento, el panel solar absorbe la energía (radiación) del sol y esta es cargada en el banco de baterías implementado en el sistema (pueden almacenar energía de la red). El inversor, hace que la energía captada se transforme en corriente idónea para su uso. De aquí continúa el paso de la electricidad al cuadro eléctrico de la vivienda.

La batería puede usarse para auto absorber un mayor porcentaje de la energía producida. Teniendo como premisa que, si no es necesario consumir inmediatamente toda la energía que se ha producido, en lugar de enviarla directamente a la red, ya que se puede acumular toda o parte de ella en una batería. Desde aquí se puede usar durante la noche o en ausencia de luz solar (no hay producción) pero siempre de día.

Esto representa un aumento del porcentaje de energía auto consumida sobre el total de la energía producida; acorde al dimensionamiento del sistema, inicialmente se puede llegar a usar el 100% de la energía producida diariamente. De igual manera, considera que los sistemas residenciales con almacenamiento inyectan en la red entre el 40% y el 10% de la energía producida.

En los meses de invierno, la producción del sistema puede no ser suficiente para cubrir las necesidades diarias; inclusive en la temporada de verano hay días nublados y por lo tanto no son productivos. Por lo general, a lo largo de un año, gracias al sistema de almacenamiento se puede conseguir hasta un 90% de autosuficiencia eléctrica. Una parte de la energía, aunque sea pequeña, seguirá siendo comprada (tomada de la red).

Primeramente, se debe revisar las características de la batería y los días que se desee que las baterías tengan la capacidad de suplir la demanda de energía en ausencia de energía fotovoltaica. El mayor consumo de energía eléctrica para el sector hogar se da en las horas de la noche (Condensa , 2018), teniendo como premisa que es el momento donde se reúne mayor almacenamiento de energía, llamado banco de baterías, que determinan el número de baterías necesarias para garantizar que se almacene la energía suficiente para suplir la demanda mientras los paneles solares no estén produciendo energía igual que las características de la batería y los días que se desee que las baterías tengan la capacidad de suplir la demanda de energía en ausencia de energía fotovoltaica (Ecuación 5).

$$\text{Capacidad de las baterías } (Cb) = \frac{\text{energía necesaria} * \text{días de autonomía}}{\text{voltaje} * \text{profundidad de descarga de la batería}} \quad (\text{Ec. 5})$$

### ***3.4.13. Selección de inversor***

Se debe tener presente el factor de simultaneidad (Clic renovables, 2018), el cual varía entre 0,5 - 0,7 y la potencia instalada generada con los paneles solares. El inversor debe contar con una potencia superior a la calculada.

De igual forma se debe aprovechar la luz del sol para generar energía limpia de abastecimiento para el hogar, teniendo como premisa que los paneles fotovoltaicos por sí solos no son suficientes. Adicional el sistema fotovoltaico debe contar con un inversor, adicional un banco de baterías de almacenamiento, que será necesario cuando se busque un suministro de 24 horas, ahora bien, es preciso aclarar que cualquier instalación doméstica sin inversor no puede dar uso a la energía captada. (Technology, 2021)

#### ***✓ Tipos de inversor disponibles***

Para instalaciones fuera de la red, se deben usar los inversores autónomos con conexión a los paneles fotovoltaicos y a las baterías para el almacenamiento doméstico. En donde el inversor capta la energía del banco de baterías y de ahí, la optimiza para el consumo en el hogar. Ahora bien, en cuanto a las instalaciones solares conectadas a la red eléctrica, los inversores pasan a ser conexos, para operar como cerebros de la gestión de la energía que se requiera aportar para la captación acorde a la potencia de los paneles del sistema. Para uso doméstico los más comunes son los inversores en cadena o inversores string. Se caracterizan por ser equipos centralizados que convierten la energía captada para su aprovechamiento. De igual manera se encuentran los microinversores que se conectan a un único panel y que ofrecen una solución descentralizada que mitigaría los problemas del inversor string. No obstante, suelen ser más costosos que los mencionados anteriormente, Por último, se encuentra el optimizador de energía el cual es un inversor tipo híbrido que toma lo mejor de uno y lo mejor de otro operando con los paneles de

forma individualizada por lo cual la energía se sigue gestionando de manera centralizada. (Technology, 2021) en la Figura se muestran los modelos de inversores,

**Figura 20.**

*Esquema de modelos de inversores*



**Nota.** En la Figura se muestra el optimizador de energía, Tomado de Esquema de modelo de Inversores ecoinventos (2021) <https://ecoinventos.com/inversor-solar-fotovoltaico/>: (Technology, 2021)



## **4. DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO**

En el desarrollo de este capítulo se implementarán técnicas de recolección de datos (fase 3) la cual se trata de darle soporte a la investigación documental de la situación real objeto de estudio a través de documentos de diferente materialidad (escritos, visuales, numéricos, etc.), que determinen la estructura del área y de la “Finca la María” para establecer la demanda de energía acorde a su composición y la propuesta de solución.

El presente proyecto desarrolla diferentes técnicas e instrumentos de recolección de datos necesarios que contribuyen a obtener resultados favorables en cada uno de los objetivos propuestos, por tanto, se utiliza una serie de pasos para la recolección de información la cual refleja el estado actual de la zona y de las variables climáticas las cuales deberán ser evaluadas y revisadas en pro al resultado final de lo que se pretende implementar.

Las técnicas utilizadas para la implementación del sistema fue la investigación documental y la observación del comportamiento visual de la zona en la cual está ubicada la finca. Siendo dos técnicas que interactúan para llegar a definir la viabilidad del mismo sobre la finca “La María”. Por lo anterior se describe la siguiente manera

### **4.1. Selección y análisis de técnicas e instrumentos de recolección de datos (fase 3)**

#### ***4.1.1. investigación documental***

Esta técnica es definida como “estrategia metodológica de obtención de información, que se realiza abordando la situación real con el fin de acreditar las justificaciones e interpretaciones que se realiza en el análisis y reconstrucción de un fenómeno que tiene características de historicidad” (Yuniet. et al., 2014).

Es preciso resaltar que este proyecto requiere emplear las diferentes fuentes informativas para desarrollar cada uno de los ítems establecidos de lo que se está implementando para tener una mejor veracidad y eficiencia del sistema solar fotovoltaico. Este proyecto recoge diferentes

artículos, libros y documentos necesarios los cuales serán visualizados en el desarrollo del presente documento, además serán referenciados para ser usados y visualizados si son requeridos.

#### ***4.1.2. Observación Directa***

Esta variable se realiza sin intervenir ni alterar el ambiente del comportamiento climático sobre la zona de ubicación del proyecto (Niño, 2011). La observación que se realiza sobre la finca “La María” se efectúa con las visitas constantes al lugar, donde se evalúa el comportamiento de los diferentes factores que se deben tener en cuenta en la implementación del sistema fotovoltaico.

#### ***4.2. Definición del tamaño del proyecto (fase 4)***

En el desarrollo del siguiente capítulo se analiza la estructura real de la “Finca la María” para poder determinar el tamaño del sistema fotovoltaico a implementar soportado en la demanda real de la misma, factores determinantes como son: demanda, disponibilidad de insumos, disponibilidad de tecnología, localización y financiamiento.

##### ***4.2.1. Generalidades***

El aspecto fundamental para diseñar el proyecto es la determinación del tamaño más apto que supla las necesidades de la estructura sobre la cual se trabaja, y luego seleccionar el modelo tecnológico idóneo que esté acorde con el comportamiento del mercado y las restricciones de orden financiero. La importancia de definir el tamaño del proyecto será reflejada sobre las inversiones y costos que se calculen, y sobre todo en la rentabilidad que genera la implementación del sistema solar fotovoltaico.

Se intenta indicar la posibilidad de mejorar la sustentabilidad del medio construido, mediante expuestas de innovación simple y económica, enfocando el estudio realizado por la Universidad de Ciencias Informáticas (UCI). Como diagnóstico cualitativo urbano para precisar las principales estrategias de actuación. En la cual se mostraron progresivas, de mínima intervención y máximo impacto, como son: la redistribución zonal por facultades disminuyendo recorridos, uso de

transporte alternativo como bicicletas y transporte de energía cero, inclusión de nuevos servicios, aprovechamiento de fuentes renovables de energía y construcción de un parque ecológico con humedal para tratamiento de aguas residuales, lo cual es un indicador de funcionalidad básica y en pro al mejoramiento del proceso de cambio de energía convencional por energía renovable. (González, 2015)

Inicialmente se analiza todo lo relacionado con cambio climático en Colombia con las publicaciones de Lozano & Pabón (1995) y León-Aristizábal et al. (1996). A continuación, se realizaron diversidad de estudios en los que se han detallado las continuas variaciones del cambio climático en curso sobre numerosos elementos del medio biofísico de Colombia. De igual manera, se realiza seguimiento a las tendencias de largo plazo en constantes climatológicas, como la temperatura del aire y de la precipitación (Pabón, 1995a, 1995b, Estudios sobre predisposiciones de otras variables climatológicas elaborados por el IDEAM. Así, por ejemplo, Mayorga et al., (2011), utilizando sucesiones del período 1970-2010 y la herramienta RClimdex, establecieron que las horas nocturnas tienden a ser más cálidas amplias áreas del país, en específico en zona costera de la región Caribe, departamentos de Santander, Antioquia y los piedemontes Llanero y Amazónico. Se evidencio aumento de la precipitación en el país, destacando la zona noroccidental (Antioquia y Chocó), Vichada, el Piedemonte de Putumayo y la isla de Providencia, donde se enfatiza el incremento; diferente a la isla de San Andrés, e igual manera a la vertiente oriental de la Cordillera Oriental (Arauca y Casanare) y en amplias áreas del Alto Cauca, en la cual se observa una disminución de la precipitación; la mayor disminución ocurre en el suroccidente del país. (IDEAM, 2016)

#### ✓ **Factores determinantes del tamaño**

Inicialmente, se debe tener en cuenta factores que pueden condicionar la instalación de un sistema solar fotovoltaico sobre la “Finca la María”, los cuales son:

#### **4.2.2. Demanda:**

En conformidad con la información recolectada para poder soportar el funcionamiento permanente de la “Finca la María”. (remitirse a **Tabla 2.** Cálculo de consumos de corriente para compensación con Energía Renovable pág. 37 del documento)

#### **4.2.3. La disponibilidad de insumos:**

Los insumos o materias primas que se utilizaron para la instalación de un sistema fotovoltaico sobre la “Finca la María” son el panel solar, batería, cable eléctrico encauchado y tubería que se logran conseguir fácilmente en la ciudad de Bogotá o en los diferentes municipios cercanos al área de influencia del proyecto.

#### **4.2.4. Disponibilidad de tecnología y equipos:**

La “Finca la María” está ubicada en un lugar donde se puede suministrar e instalar las diferentes tecnologías y equipos necesarios debido a que está posicionado geográficamente accesible.

#### **4.2.5. Localización:**

La distribución espacial de la “Finca la María” donde se realizará el proyecto es un lugar que busca autoabastecerse de la energía renovable que logre mitigar las variaciones y desabastecimiento de energía eléctrica sobre la zona veredal de ubicación del proyecto, cabe resaltar que la finca cuenta con espacios amplios que favorecen la instalación de cualquier elemento importante requerido a la hora de hacer el montaje del sistema solar fotovoltaico.

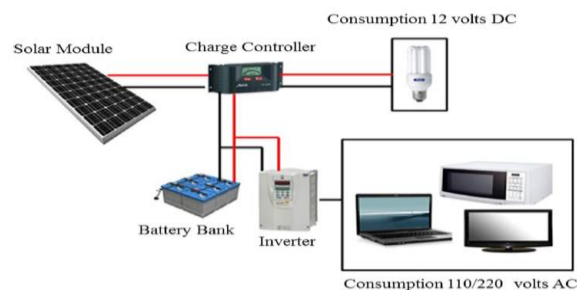
#### **4.2.6. Financiamiento:**

Se revisaron los diferentes aportes de inversión inicial del proyecto y se hace en un 100% con recursos propios de los dueños de la “finca la María”.

### 4.3. Diseño de un plan de mejoramiento para implementación de energía fotovoltaica sobre la “finca la María” (fase 5)

En esta sección se muestra la composición del sistema Fotovoltaico que se consideró Viable para implementar sobre la “Finca la María”, se muestran y detallan todos los elementos que hacen parte del sistema fotovoltaico como son: panel o modulo fotovoltaico, controlador de carga, batería, inversor.

**Figura 21.**  
*Modelo Esquemático de Operación Sistema Fotovoltaico*

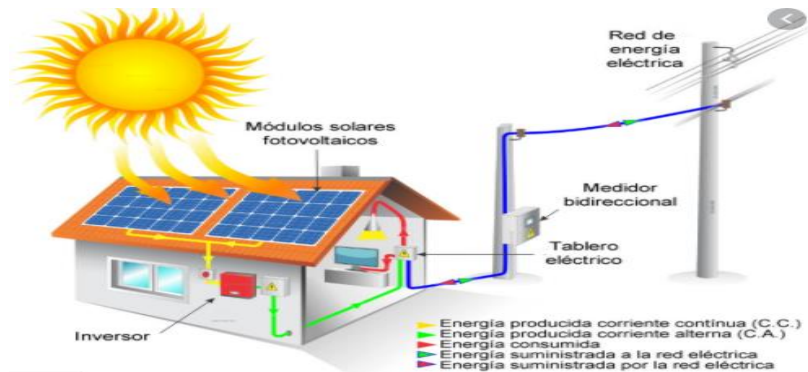


**Nota:** en la Figura anterior se muestra el esquema de funcionamiento y los elementos que componen el sistema fotovoltaico a implementar sobre la “Finca la María”. Tomado de: Vasconcelos, 2017. Modelo esquemático de operación sistema fotovoltaico <http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>.

En la siguiente Figura se muestra otro esquema funcional de la energía fotovoltaica con aprovechamiento de la red principal de la energía captada con la radiación solar y sobrante que no fue utilizado dentro de la vivienda por los elementos eléctricos existentes dentro de la misma.

**Figura 22.**

*Montaje de sistema fotovoltaico de aprovechamiento y alimentación de red principal de energía*



**Nota:** En la Figura anterior se muestra esquema funcional de la energía fotovoltaica con aprovechamiento de la red principal de la energía captada con la radiación solar. Tomado de: TecEnergyEco, 2020 Montaje de sistema fotovoltaico de aprovechamiento y alimentación de red principal de energía <https://climate.selectra.com/es/que-es/energia-solar>

**Figura 23.**

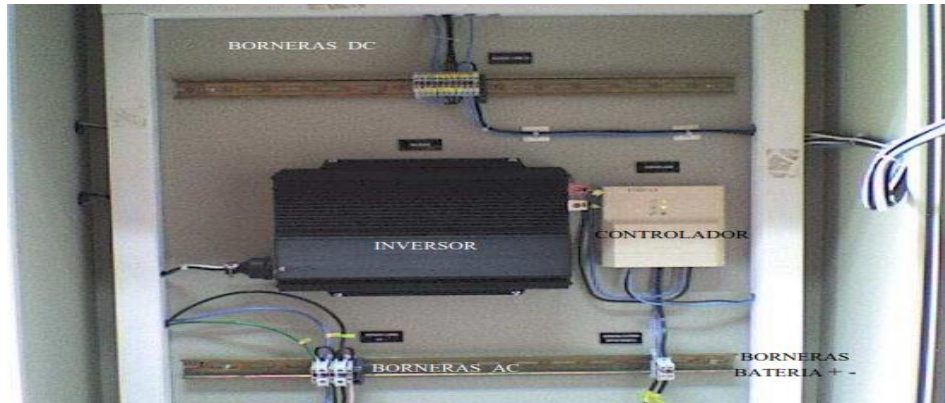
*Tablero de control Sistema Generación Energía fotovoltaico Universidad Autónoma de Occidente, 2007*



**Nota:** en la Figura se observa un tablero de control y circuito de protección para la red convencional y batería de 20 KVA de recepción de energía fotovoltaica implementada dentro de un proyecto. Tomado de Díaz Narváez H. y Díez Cardona, F. (2007) Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo caso: universidad autónoma de occidente [trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Occidente.

**Figura 24.**

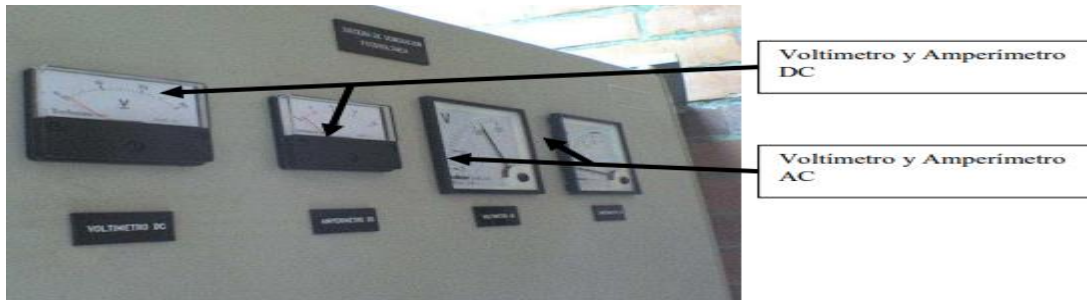
*Componentes parte interna Tablero de control sistema fotovoltaico Universidad Autónoma de Occidente, 2007*



**Nota:** en la Figura se observa dentro del tablero de distribución el montaje del inversor que recepciona la energía captada por el panel solar, ingresa al controlador y se distribuye uniformemente hacia el inversor y luego hacia la batería quien va a recibir la energía y va a cargar el sistema implementado dentro de un proyecto. Tomado de Díaz Narvárez H. y Diez Cardona, F. (2007) Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo caso: universidad autónoma de occidente [trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Occidente.

**Figura 25.**

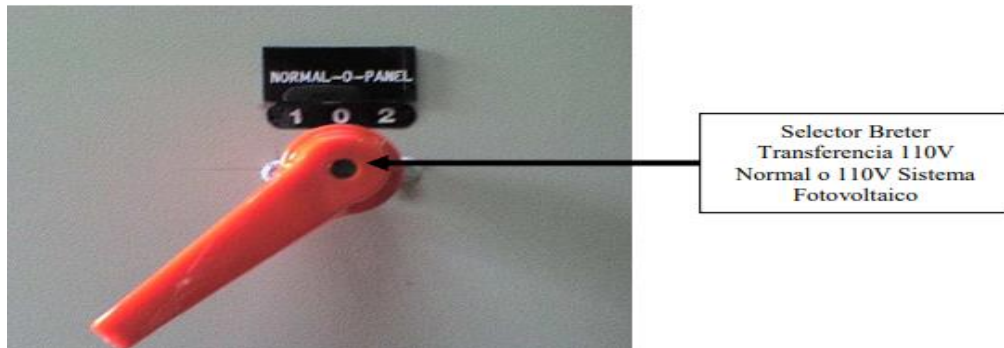
*Componentes parte externa Tablero de control sistema fotovoltaico\_ Universidad Autónoma de Occidente, 2007*



**Nota:** en la Figura se observa el tablero de control de medición de energía de corriente directa y corriente alterna de un sistema implementado dentro de un proyecto. Tomado de Díaz Narvárez H. y Diez Cardona, F. (2007) Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo caso: universidad autónoma de occidente [trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Occidente.

**Figura 26.**

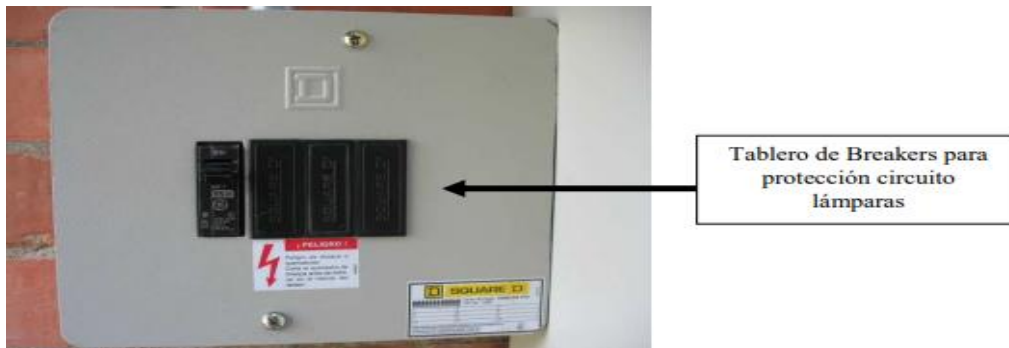
*Componentes parte externa Tablero de control sistema fotovoltaico\_ Universidad Autónoma de Occidente, 2007*



**Nota:** en la Figura se observa un selector de 2 posiciones de selección de transferencia de energía ya sea a 110 V de energía normal o 110 V de sistema fotovoltaico de un sistema implementado dentro de un proyecto. Tomado de Díaz Narvárez H. y Diez Cardona, F. (2007) Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo caso: universidad autónoma de occidente [trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Occidente.

**Figura 27.**

*Componentes parte externa Tablero de control sistema fotovoltaico\_ Universidad Autónoma de Occidente, 2007*



**Nota:** en la Figura se observa el tablero de breakers para protección de circuito de lámparas de sistema fotovoltaico de un sistema implementado dentro de un proyecto. Tomado de Díaz Narvárez H. y Diez Cardona, F. (2007) Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo caso: universidad autónoma de occidente [trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Occidente.



Una vez identificados todos los componentes internos y externos del tablero, se procede a entender la parte teórica de la instalación, es importante tener claro que los módulos fotovoltaicos funcionan por el efecto fotoeléctrico. Cada célula o módulo fotovoltaico está compuesto de dos delgadas láminas de silicio P y N, separadas por un semiconductor. Los fotones procedentes de la fuente luminosa actúan sobre la superficie de la capa P, y al interactuar con el material estos liberan electrones de los átomos de silicio los cuales, en movimiento, atraviesan la capa de semiconductor, pero no pueden volver.

La capa N adquiere una diferencia de potencial respecto a la P. Si se conectan unos conductores eléctricos a ambas capas y estos, a su vez, se unen a un dispositivo o elemento eléctrico consumidor Selector Transferencia 110V Normal o 110V Sistema Fotovoltaico Tablero de Breakers para protección circuito lámparas 106 de energía, se iniciará una corriente eléctrica continua (los electrones se mueven siempre en el mismo sentido y de los potenciales más bajos a los más altos. Las celdas se producen tanto de forma circular como rectangular, de un tamaño aproximado de entre 5 a 10 cm de diagonal. En un módulo policristalino típico, la mayor parte del material es silicio dopado con boro para darle una polaridad positiva (material P).

Una capa delgada en el frente del módulo es dopada con fósforo para darle una polaridad negativa (material N). A la interfase entre las dos capas se le llama unión. Este tipo de paneles producen electricidad en corriente continua y aunque su efectividad depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación con respecto a la horizontal, se tiende a las instalaciones fijas, por ahorros en mantenimiento y con una inclinación al sur fija que depende de la latitud. Por su potencia, la luz solar es la más efectiva, pero las células solares funcionan con cualquier tipo, como las calculadoras de bolsillo, que también funcionan en interiores con luz artificial. En cada panel solar hay una caja donde se descubren las bornes de configuración según sea el caso, es decir, el fabricante muestra los diferentes tipos de conexión que se necesite instalar internamente en el panel.

**Figura 28.**

*Diagrama de conexión panel solar*



*Nota:* en la Figura se observa un diagrama de cómo va la conexión del panel solar de un sistema implementado dentro de un proyecto. Tomado de Díaz Narváez H. y Díez Cardona, F. (2007) Análisis, modelado, simulación y validación de un sistema de generación de energía solar autónomo caso: universidad autónoma de occidente [trabajo de grado]. Universidad Autónoma de Occidente.

## 5. SIMULACION ENERGETICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

En este capítulo se realiza la simulación del sistema a implementar sobre la “Finca la María” (fase 6), en acuerdo a la estructura real de la misma y la necesidad de abastecimiento de energía soportándose en los elementos eléctricos que componen la misma. Al final se realizará la evaluación económica del proyecto.

En la siguiente Figura se observa la casa de la “Finca la María” la cual está construida en ladrillo a la vista, se logra visualizar la cubierta sobre la cual se proyecta la instalación de los paneles fotovoltaicos y que ingresan por la entrada principal en el cual se instalarán sobre el muro de la puerta de ingreso y se continuará con un inversor que se instalará paralelo al tablero de control o breakers de la energía convencional que está instalada en la finca actualmente.

**Figura 29.**

*Planteamiento de ubicación de equipos dentro de la “finca la María”*



**Nota:** En la Figura (a) se observa la cubierta de la casa de la “Finca la María” sobre la cual se proyectan instalar los paneles solares y en la Figura (b) se muestra el planteamiento de donde se ubicará el banco de baterías y el inversor de corriente.

## 5.1. Programa “Luis Carlos galán”

El programa Luis Carlos Galán es una hoja de cálculo de Excel que asocia el consumo real a cada uno de los elementos que existen dentro de la finca que están siendo alimentados por corriente eléctrica dentro de la “Finca la María”, en la columna de elementos se selecciona el elemento, luego en la columna del número se coloca el número referente a la cantidad existente y las horas del día se determinan acorde al uso del elemento diario dentro de la finca, luego en la columna de días de la semana se asigna el número de días en que el elemento es utilizado dentro de la semana, luego esta hoja de cálculo hace una multiplicación directa del consumo de corriente real que se está usando dentro de la finca.

**Tabla 2.**

*Cálculo de consumos de corriente para compensación con Energía Renovable*

CÁLCULO DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA LOS CONSUMOS					
CONSUMOS EN CORRIENTE CONTINUA DC					
Descripción	Número	P(W)	Horas / día	Días de uso / semana	Energía (Wh/semana)
nevera	1	650	12	7	54600
estufa	1	2000	2	7	28000
horno	1	950	2	1	1900
ducha	1	2200	0,5	7	7700
lavadora	1	1000	1	1	1000
bombillos	13	10	6	7	5460
televisor	1	200	2	7	2800
					0
					0
					0
					0
					0
					0
				<b>Total consumos DC</b>	<b>101460,00 Wh/semana</b> <b>14494,29 Wh/ día</b>

Nota: Solo rellenar las celdas en blanco

CONSUMO TOTAL		
		<b>Total consumo AC + DC</b>
		<b>101460 Wh/semana</b> <b>14494,29 Wh/ día</b>

**Nota:** En la tabla anterior se muestra el número de elementos eléctricos existentes dentro de la casa de la “Finca la María”, con la cual se utiliza el método de cálculo sobre la tabla de Excel y se determina el consumo que se está consumiendo y la cual se debe calcular para determinar un sistema que permita abastecer estos elementos.

Después de realizar el cálculo básico con el programa de Luis Carlos Galán de la necesidad de abastecimiento se procede a realizar un cálculo básico de energía requerida sobre producción de energía de cada panel para determinar el número de paneles requeridos por el sistema.

$$Potencia\ del\ panel\ (Ar) = \frac{1200 \times Ed}{Id} \quad (Ec. 6)$$

$$Potencia\ del\ panel\ (Ar) = \frac{1200 \times 14,494 \frac{kwh}{dia}}{4.5 \frac{kwh}{m^2 dia}} \quad (Ec. 6)$$

$$Potencia\ requerida\ (Ar) = 3801,6\ Watt \quad (Ec. 6)$$

Ar: Potencia a producir

Ed: Consumo de electricidad

Id: Irradiación

$$Numero\ de\ paneles = \frac{Ar}{Capacidad\ del\ panel} \quad (Ec. 7)$$

$$Numero\ de\ paneles = \frac{3801,6}{220} = 17.28 = 18\ paneles \quad (Ec. 7)$$

- ✓ Capacidad panel produce 220 Watts
- ✓ Potencia diaria a producir:  $3801,6 = 3960\ W_p$
- ✓ # paneles = 18

Teniendo en cuenta lo anterior después de haber calculado la potencia requerida para suministro de energía sobre la “Finca la María” acorde a su necesidad y elementos eléctricos que la componen son requeridos 3801,6 Watt de potencia y como cada panel produce 220 Watts se realiza la equivalencia y esta da como resultado el número de paneles requeridos, el cual en este caso se necesitan 18 unidades.

## 5.2. Programa educativo iHOGA (v. 3.0 – EDU)

IHOGA es un programa académico con versión libre y licencia académica durante 1 año. Está diseñado para simular diferentes fuentes de energía alternativa tales como energía eólica, energía hidráulica, energía solar y también tiene a opción de usar un generador diésel, para realizar una

comparación entre la energía generada limpiamente y energía generada con quema de combustible, En este sentido se realizará una simulación con energía Fotovoltaica. Este cuenta con una base de datos interna de los distintos componentes, en la Figura se muestra la composición del software a implementar.

Las cargas o consumos del sistema pueden ser:

- ✓ Cargas eléctricas en corriente alterna (AC).
- ✓ Cargas eléctricas en corriente continua (DC).
- ✓ Cargas de Hidrógeno (producción de  $H_2$  para consumo externo a la instalación, por ejemplo, para alimentar vehículos eléctricos basados en pila de combustible).
- ✓ Consumo de agua procedente de un depósito de abastecimiento, agua que será previamente bombeada por una electrobomba desde un pozo o río hasta el depósito.

Los elementos que pueden componer el sistema híbrido son:

- ✓ Paneles fotovoltaicos (incluidos bifaciales y de concentración CPV)
- ✓ Aerogeneradores
- ✓ Turbina hidráulica, con o sin almacenamiento en bombeo.
- ✓ Pila de combustible
- ✓ Tanque de  $H_2$
- ✓ Electrolizador
- ✓ Baterías (plomo-ácido o ion de litio), incluyendo estrategias de control óptimas para su carga/descarga en sistemas conectados a la red.
- ✓ Regulador de carga de las baterías
- ✓ Inversor (convertor DC/AC), rectificador (convertor AC/DC) o bien inversor/cargador (que incluye inversor, rectificador y regulador)
- ✓ Generador AC backup (diésel o cualquier otro tipo).
- ✓ iHOGA incluye también la posibilidad de considerar pequeños generadores termoelectricos (efecto Seebeck).

**Figura 30.**

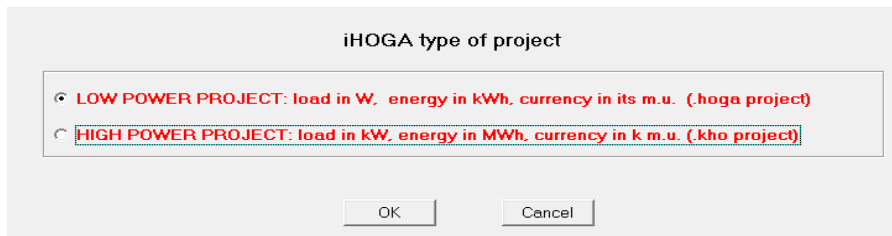
Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu



**Nota:** En la Figura se muestra la presentación del programa iHOGA (v.3.0-EDU) se puede observar una hélice que corresponde a energía eólica, unos paneles que corresponde a energía fotovoltaica y además también aparece la energía Hidráulica. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/.version 3.0>.

**Figura 31.**

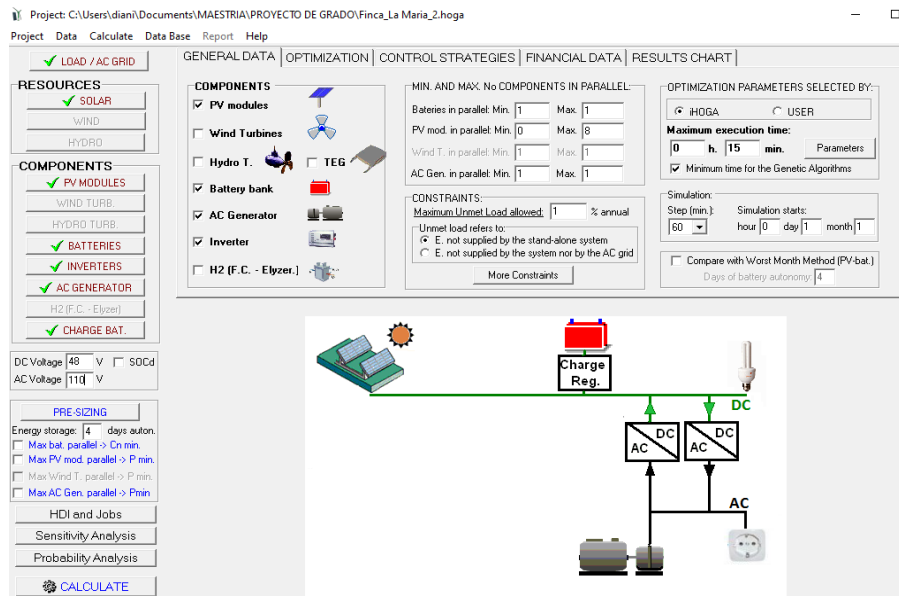
Inicio del programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu



**Nota:** en la Figura se muestra que se debe iniciar seleccionando el tipo de proyecto, en este caso es un proyecto de baja potencia por lo que es una alimentación convencional de elementos dentro de una vivienda y no implican cargas mayores. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/.version 3.0>.

La simulación se realiza estableciendo las condiciones de trabajo, es decir, los elementos que componen el sistema fotovoltaico y la demanda de energía eléctrica para la finca. El sistema a simular es un sistema aislado como fuente de alimentación de paneles solares, un banco de baterías, inversor y el consumo de energía eléctrica

**Figura 32.**  
Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu



**Nota:** en la Figura se muestra el primer paso que es determinar el tipo de sistema y los elementos que lo componen, inicialmente el tipo de energía la cual es solar, los elementos que lo componen como módulos fotovoltaicos, baterías, inversor, generador de energía, carga de baterías, se selecciona el voltaje a manejar como es de baja tensión se maneja a 110 V, luego ya seleccionados se da la opción de calcular. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/.version 3.0>.

### 5.3. Determinación del consumo de energía eléctrica.

El registro de consumo realiza por horas del día, siendo las horas de la noche el mayor consumo de energía por la familia que se encuentra en la casa o fines de semana cuando realizan los eventos



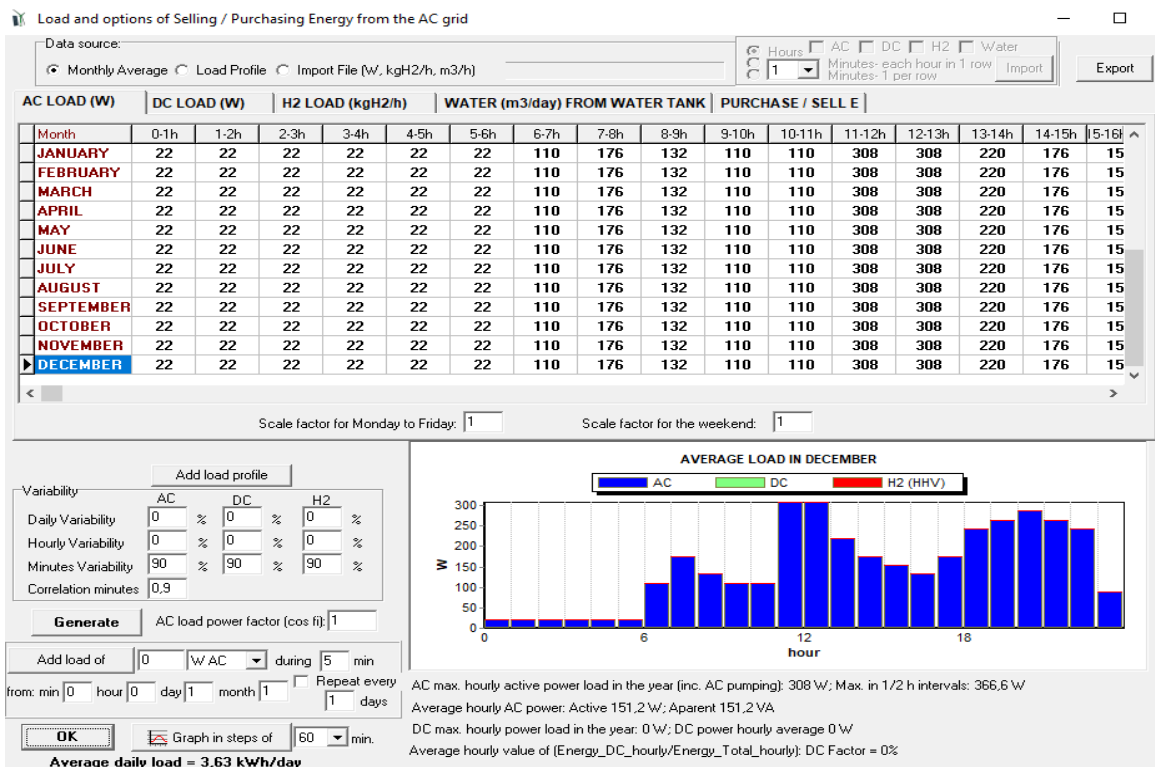
campestres. Al no existir una fuente de luz natural, el consumo estimado es el máximo en este momento. (Condensa, 2018)

En el periodo anual de 2018 se efectuó el estudio para la implementación de los sistemas fotovoltaicos de Codensa, el cual encamino: evaluar el proceso de gestión comercial y la oferta mostrada a compañías industriales, establecer qué tan competidor está siendo Codensa en la introducción de la oferta y los factores críticos de éxito en los procesos de elección de las Compañías, y estar al tanto de la oferta principal de los competitivos en esta categoría. (Codensa, 2018)

Los paneles solares no producen energía en ausencia de radiación solar, las baterías son las que suministran la energía eléctrica a toda la casa, por lo cual se debe considerar la carga de la batería en el consumo.

**Figura 33.**

*Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu\_ consumo de energía Eléctrica*



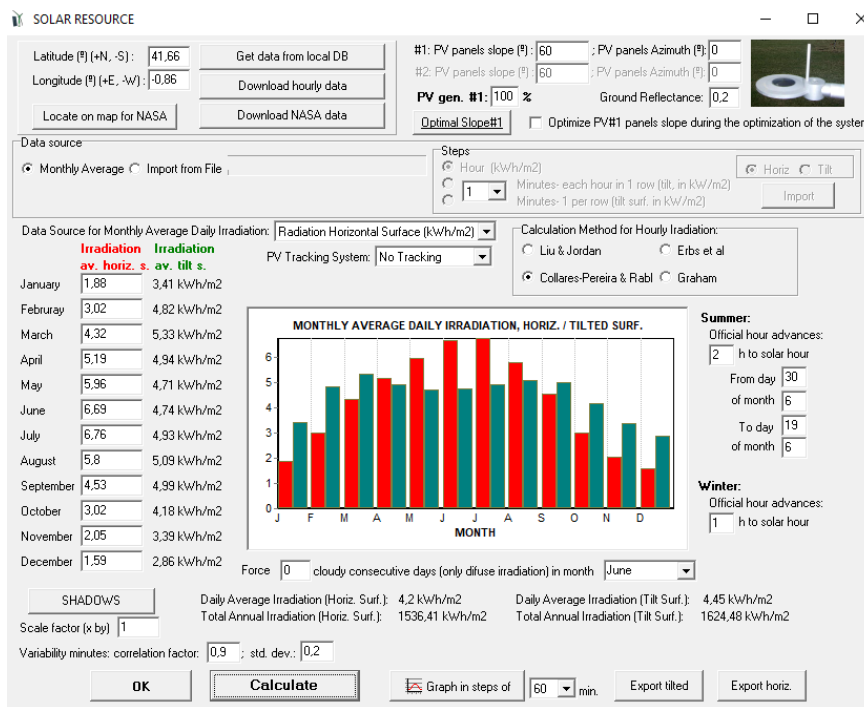
**Nota:** En la Figura se muestra el comportamiento del consumo de energía que se consume en el año en las diferentes horas del día tomando las 24 horas como referencia de consumo. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/.version 3.0>.

### 5.3.1. Radiación solar en el punto de instalación.

Una vez estimado el consumo mensual de energía eléctrica, se suministran los datos de radiación solar en el punto de en el cual se instalan los paneles solares, ya que de estos datos depende el cálculo automático del número de componentes para el sistema.

Figura 34.

Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu\_ Radiación Solar



**Nota:** para calcular la radiación solar se debe seleccionar un mes del año de referencia, en este caso se seleccionó el mes de junio, se colocó el número de días componen el mes, que numero de mes tiene en los meses del año, luego se oprime calcular, en los resultados de los cálculos se muestra el comportamiento de la radiación solar en el mes de junio y las horas pico de aprovechamiento de la radiación solar. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/>. version 3.0.

### 5.3.2. características de los paneles solares

El programa IHOGA, cuenta con una base de datos interna que propone o recomienda una serie diferentes paneles predeterminados que están acorde con las necesidades del sistema a aplicar, por tanto, se ingresa los datos de la ficha técnica.

**Figura 35.**  
*Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu\_ Características de los paneles solares*

PV MODULES

Add PV module: Zero  
Add PV modules family: SIM12-Atensa

PHOTOVOLTAIC MODULES DATA:

Name	Nom.Volt.(V)	Isc(A)	Power(Wp)	Cost(€)	CO2(kg/yr)	Life(years)	NOCT(°C)	Power T. coef (%/°C)	Emission(kgCO2/kWh)
aSi12-Schott: ASI100	12	6,79	100	110	1,1	25	49	-0,2	800

Efficiency due to degradation of the modules, losses in wires, dirt in panels, etc.: 0,8

Fixed Operation and Maintenance Cost: 40 €/yr

PV inverter or battery charge regulator includes Maximum Power Point Tracking (MPPT)

PV generator is connected to AC bus (it has its own inverter) -> Number of PV modules in serial: 4 PV inverter data

Annual Inflation Rate for PV modules Cost: 2 %  
Max. Variation of PV modules Cost (e.g., for an expected 70% reduction on current PV modules cost, introduce "-70%"): 70 %  
Limit is reached in 53,6 years

**Nota:** En la Figura muestra una clase de módulos fotovoltaicos que se adaptan al sistema y cumplen con el requerimiento del mismo acorde a los datos de entrada del mismo, en este resultado el software recomienda el módulo SIM12-Atensa. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/>. version 3.0.

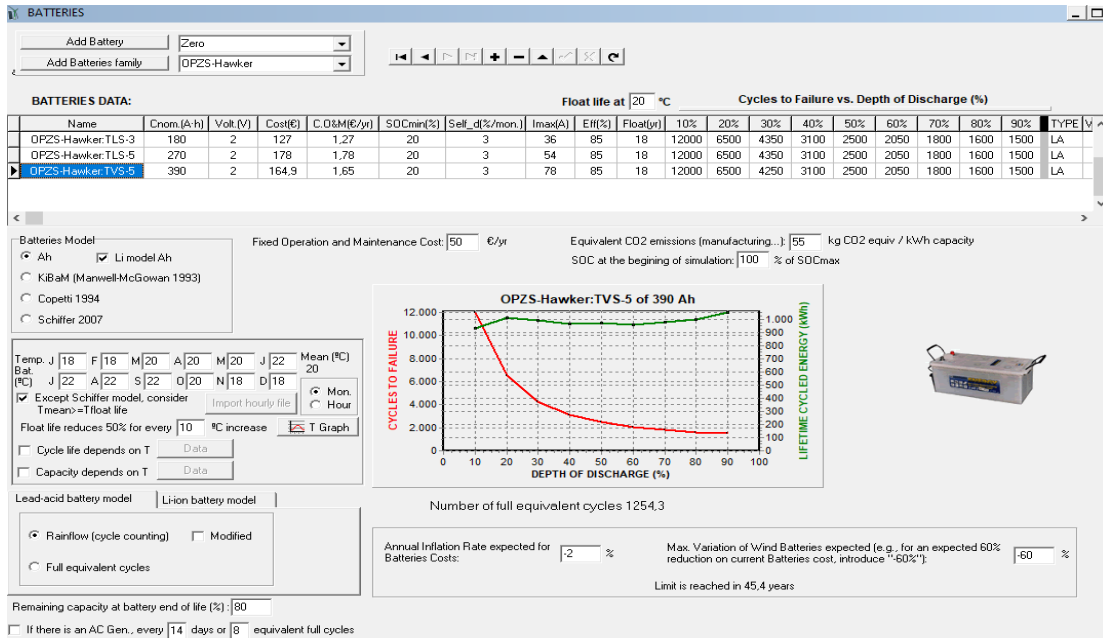
### 5.3.3. Características de banco de baterías

El módulo de ingreso de datos de baterías tiene la opción de identificar si las baterías son libres de mantenimiento, estas baterías son las más eficientes en su proceso de carga y descarga por lo cual son las más viables para este proyecto, ya que eliminaría el costo de mantenimiento preventivo., se selecciona la batería OPZS-Hawker: TVS-5 of 390 Ah, esta no requiere

mantenimiento y cumple la necesidad requerida de soporte para abastecimiento de energía sobre la “Finca la María”.

**Figura 36.**

Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu\_ Características de Banco de baterías.



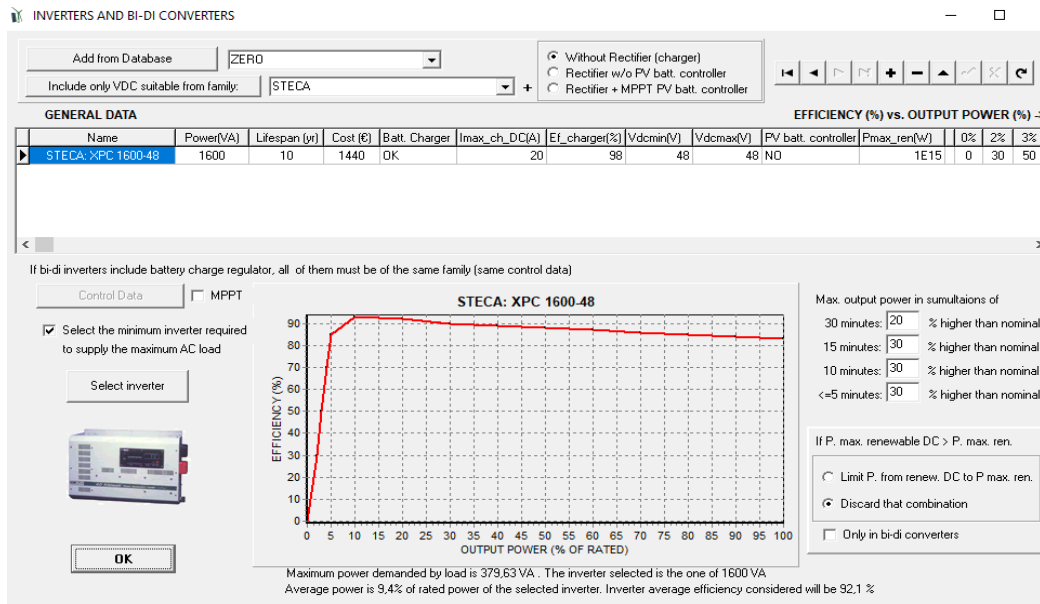
**Nota:** En la Figura muestra una clase de baterías que se adaptan al sistema y cumplen con el requerimiento del mismo acorde a los datos de entrada, en este resultado el software recomienda en la Batería OPZS-Hawker TVS-5. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/>. version 3.0.

### 5.3.4. Selección datos inversor eléctrico

En la base de datos del programa se selecciona el inversor dependiendo del factor de seguridad que se utilice, para el sector hogar se recomienda un factor de seguridad de 1,3, por lo cual el inversor es de 3000 w

**Figura 37.**

*Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA. Edu\_ Selección datos Inversor eléctrico*



**Nota.** En la Figura muestra una clase de inversor que se adaptan al sistema y cumple con el requerimiento del mismo acorde a los datos de entrada, en este resultado el software recomienda el inversor STECA-XPC-1600-48. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/>. version 3.0.

**Figura 38.**

*Reporte de resultados Programa de simulación energía fotovoltaica iHOGA*

**PROJECT: C:\Users\diani\Documents\MAESTRIA\PROYECTO DE GRADO\Finca La Maria 2.hoga. OPTIMAL SOLUTION**

DC Voltage: 48 V. AC: 110 V.

**COMPONENTS**

PV pan. aSi12-Schott: ASi100, 4x6x100 Wp. P total = 2,4 kWp (100% PV#1)

Batt. OPZ S-Hawker:TVS-5, 24x 1x390 Ah. E total = 18,72 kWh (3,5 d.aut)

Without Wind Turbines

Without Hydro Turbine

Without AC Generator

Without Fuel Cell

Without Electrolyzer

Inverter STECA: XPC 1600-48, 1600W

PV Battery charge controller STECA: P TAROM 4055 of 55 A

Without battery charger

**CONTROL STRATEGY**

LOAD FOLLOWING. SOC min. batteries = 20 %

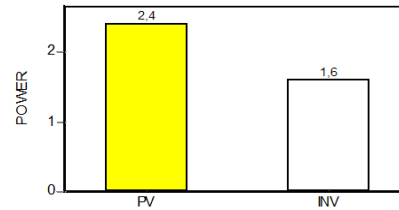
**IF THE POWER PRODUCED BY THE RENEWABLE SOURCES IS HIGHER THAN LOAD: CHARGE**

The Batteries are charged with the spare power from renewable

**IF THE POWER PRODUCED BY THE RENEWABLE SOURCES IS LESS THAN LOAD: DISCHARGE**

The whole not supplied power to meet the load must be supplied by the Batteries. If the Batteries cannot supply the whole, the rest will be unmet load.

There is no AC Generator



**Nota.** En la Figura muestra los componentes recomendados por el programa que se adaptan al sistema acorde a su banco de datos y cumplen con el requerimiento después del cálculo del sistema conforme a los datos de entrada. Tomado de: Software de simulación y optimización de suministro eléctrico basado en energías renovables V.3.0 educativa (jun 2021). Universidad de Zaragoza. <https://ihoga.unizar.es/.version 3.0>.

## 5.4 Estimación de costos asociados a la implementación de la energía fotovoltaica en la finca “la María”.

Para el presente proyecto se realizó la validación del sistema convencional de alimentación de la “Finca la María”, en la cual se evidencio que el sistema de alimentación va por potería y red aérea de media tensión que llega a transformadores los cuales de manera aérea distribuyen la energía a las fincas de la vereda, se analiza en función de las continuas fallas de energía que hay en el sistema de red de alimentación, para abastecer los elementos eléctricos y de iluminación que existen dentro de la finca, por lo anterior se realizó el estudio de buscar una solución viable tanto técnica como económica la necesidad de consumo energético por medio del abastecimiento de energía renovable fotovoltaica, la cual es más eficiente con el cambio climático y más amigable con el medio ambiente reemplazando la energía convencional proveniente de elementos agotables del medio ambiente que producen combustión y aumentan la huella de carbono la cual afecta con la disminución de la capa de ozono sobre el planeta

El acceso universal a electricidad limpia se puede alcanzar en conformidad con medidas destinadas a reducir las cargas ambientales a un costo de inversión comparativamente competitivo. En este trabajo, dimensionamos y realizamos un análisis económico de tres sistemas fotovoltaicos para su instalación en un área rural habitada. Esta solución alternativa de acceso a la electricidad se diseñó utilizando un marco de apoyo a la toma de decisiones que considera el tamaño, la confiabilidad y la eficiencia óptimos del sistema (Vides. Prado, 2018).

La simulación se realizó por medio del programa **iHOGA (v. 3.0 – EDU)**. En el cual se hace la instalación del sistema alternativo energético con los equipos eléctricos (celdas fotovoltaicas, convertidores DC/AC, baterías estacionarias, etc.) con sus respectivas especificaciones técnicas los cuales van interconectados por medio de unas barras que finalmente alimentan la carga (Vatios). Después del montaje y haber ingresado la información adecuada en cada equipo se corre el programa para que calculen opciones y cuál es la mejor para el proyecto. Para este proyecto inicialmente se realizó una labor de investigación de la ubicación para los equipos a instalar, también aspectos técnicos y ambientales como la radiación solar (kWh/M<sup>2</sup>), la constante de claridad, la altitud, latitud y longitud del lugar (ciudad), la velocidad del viento (m/s) por mes y por último datos técnico-económicos de los equipos a utilizar (paneles fotovoltaicos, aerogeneradores, generadores diésel, baterías estacionarias, etc.). La Tabla 3 indica lo que se invertirá en la obra para desarrollar el proyecto del sistema solar fotovoltaico el cual abastecerá energía eléctrica para alimentar en periodos de tiempo los elementos eléctricos que se tienen dentro de la finca la maría acorde a la necesidad.

**Tabla 3.**

*Listados de Equipos y costos asociados*

CANT	DESCRIPCION ELEMENTO	UNID	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
9	Panel Fotovoltaico 32W 24VDC	UNID	\$ 554.900,00	\$ 4.994.100,00
4	Lámpara Fluorescentes 2X32W.	UNID	\$ 25.000,00	\$ 100.000,00
1	Regulador de carga 30A MinoV2.	UNID	\$ 279.000,00	\$ 279.000,00
1	Batería Solar 200ah 12v Ge	UNID	\$ 1.270.000,00	\$ 1.270.000,00
1	Inversor Híbrido 3kva Powest Energía Solar 24v	UNID	\$ 2.200.000,00	\$ 2.200.000,00

1	Tablero eléctrico de Sobreponer con equipo de control y medida instalados, Caja de Breakers y protección, cableado de control y de fuerza, mano de obra, otros.	GL	\$ 1.800.000,00	\$ 1.800.000,00
1	Mantenimiento del Sistema semestral (costo variable)	GL	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
			TOTAL	\$ 10.993.100,00

**Nota.** En la tabla se observa el valor del sistema que se calculó para implementar como método de solución para el abastecimiento de energía sobre la “Finca la María”, se debe tener presente los costos variables de mantenimiento del sistema.

Algunas recomendaciones del sistema: lo importante es cargar la batería 200ah 12v Ge con los paneles fotovoltaicos lo más rápido posible y por medio del controlador de carga regular la corriente de la batería para cuando esta esté totalmente cargada abra el circuito entre el panel y la batería evitando daños en el sistema y con la ayuda del inversor alimentar el sistema de elementos eléctricos existentes dentro de la finca la maría con energía eléctrica hasta que el controlador decida volver a cerrar el circuito entre el panel y la batería previniendo que no se descargue totalmente por el consumo de la carga. Este ciclo se pierde en las noches cuando el panel no genere energía eléctrica y es cuando la batería juega su papel importante porque va tener un periodo en la cual se va a descargar completamente.



## 6. CONCLUSIONES

1. Se logró diseñar un plan de mejoramiento para el aprovechamiento de la energía fotovoltaica para la “Finca la María”, implementando un sistema fotovoltaico que soporta la demanda de la finca, que logra determinar que es un sistema de energías renovables que tiene materiales finitos, no genera huella de carbono, es una fuente aprovechable, son energías limpias inagotables, no contaminan.
2. Se logró Diagnosticar la gestión actual del servicio energético en la zona veredal de San Miguel sobre el área de ubicación de la finca “La María”, partiendo del diagnóstico de la funcionalidad eléctrica, el comportamiento climático, evidenciando que el sistema fotovoltaico es funcional sobre el área geográfica de ubicación del proyecto, adicional revisando el soporte del sistema sobre la cubierta de la casa de la finca la María determinando un área necesaria de 36 m<sup>2</sup>, en la cual la cubierta cuenta con un área de 240 m<sup>2</sup> soportada por estructura metálica la cual se suspende sobre columnas de 30x30 que soportan dos veces el peso de la cubierta existente.
3. Se establecieron las variables técnicas para la implementación de la energía fotovoltaica sobre el área de la finca “La María”, determinando el consumo particular asociado a cada uno de los elementos que existen dentro de la finca que consumen corriente y poder realizar el cálculo real de la demanda de los elementos que componen el sistema para abastecer la necesidad de la finca.
4. Se estructuró un plan de mejoramiento del uso de la energía fotovoltaica estableciendo el sistema adecuado para soportar la demanda producida por la “Finca la María” partiendo del resultado del análisis de las variables analizadas las cuales se ingresaron al programa **IHOGA** en el cual se determinó el número y las características de los demás componentes del sistema (Paneles, regulador, baterías, inversor).
5. Con los resultados del número de los elementos de composición del sistema para el abastecimiento de la necesidad de la finca se logró determinar un presupuesto de estimación de gastos el cual determina el costo del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allego Landera Y,A., Arias García.R., Casas Fernández1, I., Sosa Plasencia.r  
R Trabajo Teorico Experimental Analisis de la implementacion de un parque fotovoltaico en la Universidad Central de las Villas *Revista de Ingeniería Energética*, 39 (02) 82 -  
*90file:///C:/Users/BIBLIOTECARIO/Downloads/Dialnet-AnalisisDeLaImplementacionDeUnParqueFotovoltaicoEn-6486668.pdf*
- Altomonte, H., & Coviello, M. Y. (2003). Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe: restricciones y perspectivas. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura* (65) <http://hdl.handle.net/11362/6426>
- Alvarado, J. (2020). *Diseño y Cálculo de una instalación Fotovoltaica Aislada*. Madrid: Universidad Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.. [Archivo en pdf]. [https://oa.upm.es/52204/1/PFC\\_Jorge\\_alvarado\\_ladron\\_de\\_guevara.pdf](https://oa.upm.es/52204/1/PFC_Jorge_alvarado_ladron_de_guevara.pdf)
- Arcgis. (2021). *Ubicacion Geográfica Pandi Cundinamarca* Mapas Cundinamarca 2021 <https://mapasyestadisticas-cundinamarca-map.opendata.arcgis.com/>.
- Arreola, R. Q. (2018). Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1715-1727.
- Avendaño, S. L. (2019). Panorama emergente: Centro de investigación ambiental para la provincia de Sumapaz [Trabajo de grado] Universidad la Gran Colombia. . <http://hdl.handle.net/11396/5115>
- Beltrán-Telles, A. Morera-Hernánde M.- López-Monteagudo F.E. Villela-Varela R . (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotocoltaica en la produccion de energia eléctrica. *Ciencia UAT*, 11(2), 105-117. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582017000100105](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582017000100105)
- Best, G. y. (2003). *Estudio de impacto de sistemas solares fotovoltaicos en el desarrollo rural*. Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO).
- Campen, B., Guidi, D., & Best, G. (2000). *Energia Solar fotovoltaica para la agricultura y desarrollo sostenible*. Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion (FAO). Documento sobre medio ambiente y recursos naturales No3.

- Cepeda, J. (2017). *Aspectos que afectan la eficiencia en los paneles fotovoltaicos y sus potenciales soluciones*. Bogota, Colombia: Facultad de Ingenieria Mecanica, Universidad Santo Tomas.
- Codensa. (2018). *Informe Corporativo 2016 a 2017*. Bogota: Bogota:Codensa. [https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espa%C3%B1ol/accionistas\\_e\\_inversionistas/distribuci%C3%B3n/informaci%C3%B3n\\_financiera/memorias\\_anuales/2018/Memoria-anual-Codensa-2018.pdf](https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espa%C3%B1ol/accionistas_e_inversionistas/distribuci%C3%B3n/informaci%C3%B3n_financiera/memorias_anuales/2018/Memoria-anual-Codensa-2018.pdf)
- Ecoinventos. (2020). *Funcionamiento integral Energia Fotovoltaica*. <https://ecoinventos.com/energia-solar-residencial/>
- El clima y el tiempo promedio en todo el año en Pandi <https://es.weatherspark.com>. (20 de junio de 2021). <https://es.weatherspark.com/y/23355/Clima-promedio-en-Pandi-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- Elzinga, S. F. (2014). *El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible*. <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>
- Energetica, U. D. (2003). *Energias Renovables*. Descripción, tecnologías y usos finales. [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/integracion\\_energias\\_renovables\\_web.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/integracion_energias_renovables_web.pdf)
- Geographic, N. (2018). *Cambios en el Sector Energetico*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-de-que-es-la-energia-renovable>, <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/explicacion-que-son-combustibles-fosiles>
- Giraudi. (2014). *et. al* Factibilidad de instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a red". Ingeniería Energética 2014, vol. 35.
- Giraudy Arafet, C. &. (2014). *Factibilidad de instalacion de sistemas fotovoltaicos conectados a red*. Ingeniería Energetica, XXXV (2), 141-148.
- Gomez, A. (2015). *et. al* Rev. Mex. Ciencias. Agrícolas vol.6 no.8 Texcoco nov./dic. 2015, Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar para un panel fotovoltaico
- González. (2017). *Variables técnicas para la implementación dela Energía Fotovoltaica.*, <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/781/1/Soraya%20Navarro>

- %20Rayas%2C%20Jos%C3%A9%20Antonio%20Gonz%C3%A1lez%2C%20C%C3%A9sar%20L%C3%B3pez%20Andrade%20MER.pdf
- González, D. (2015). *Las Energías renovables al servicio de la humanidad*. Arquitectura y Urbanismo. <https://rau.cujae.edu.cu/index.php/revistaau/article/view/328>
- Hernández-Callejo, L. E. (2019). *Energía Solar*. Una revisión de los Sistemas Fotovoltaicos, Diseño, operación y mantenimiento.
- Hernández-Callejo, L. (2019). *Una revisión de los sistemas fotovoltaicos* Luis Hernández Callejo. Microrredes eléctricas. Integración de generación renovable distribuida, almacenamiento distribuido e inteligencia. Garceta Grupo Editorial; 2019.
- Hussain, A. e. (2017). *Revisiones de energía renovable y sostenible*. Tecnologías emergentes de Energías renovables y sostenibles: Estado del arte.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2016). *Variaciones climáticas por Departamentos*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023778/variabilidad.pdf>
- Inoñan\_PVH. (2018). *Estudio técnico económico para electrificar con sistema fotovoltaico en el centro poblado de Churomarca*. Cajamarca.
- Kutschester. (2018). *Progresiva degradacion de Capa de Ozono*. <https://www.routledge.com/Principles-of-Sustainable-Energy-Systems-Third-Edition/Kutscher-Milford-Kreith/p/book/9781498788922>
- Paredes, R., & Ramírez, J. (2003). *Energías renovables variables y su contribución a la seguridad energética: complementariedad en Colombia*. Banco Interamericano de desarrollo. (BID).
- Pérez Parada, J. A. (2017). *Implementacion de un sistema fotovoltaico On Grid sobre una estructura de dos ejes controlada; pra la promocion de fuentes no convencionales de Energia Renovables en el Colegio Gonzalo Jimenez Navas*. Floridablanca Santander; Colombia: Revista de Investigación, 41(92), 56-73.
- Reyes Topa, A (2019.) Planeación, eco-hábitat progresivo. Vivienda social para la autoproducción
- D. N. (2013). E.O.T . Pandi. [Trabajo de grado]. Universidad la Gran Colombia
- Ríos Delgado, S. (2010). *Energías limpias : una mirada suramericana*. [Trabajo de grado]. Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/7701>
- Rodriguez-Urrego, D. (2018). *Revisiones de Energia Renovable y Sostenible*. Energía Fotovoltaica en Colombia: Estado actual, inventario, políticas y perspectivas futuras.

- Santamaria, C. &. (2010). Sistema Fotovoltaico Autonomo. En Arija, *Sistema Fotovoltaico Autonomo con acomulacion factibilidad de implementación de un sistema de generación de potencia descentralizado basado en recursos renovables*. [Trabajo de grado]. Universidad Libre 2016.
- Santamaría, C. &. (2010). *Sistema Fotovoltaico conectado a la red*. [https://www.academia.edu/34078892/Aplicaci%C3%B3n\\_de\\_la\\_energ%C3%ADa\\_solar\\_fotovoltaica\\_interconectada\\_a\\_la\\_red\\_el%C3%A9ctrica\\_Caso\\_de\\_estudio\\_Thierhaupt\\_en\\_Alemania/pdf](https://www.academia.edu/34078892/Aplicaci%C3%B3n_de_la_energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica_interconectada_a_la_red_el%C3%A9ctrica_Caso_de_estudio_Thierhaupt_en_Alemania/pdf)
- Tecnology, G. (2021). *Ecoinventos.com/Energías Renovables*. <https://ecoinventos.com/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>
- Telles, B. . (2017). et. al., Prospective of wind and solar photovoltaic energy for electricity production *CienciaUAT vol.11 no.2 Ciudad Victoria ene./jun. 2017* [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-78582017000100105](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-78582017000100105)
- Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2003). *Atlas Solar*. [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/3-Mapas\\_Brillo\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/3-Mapas_Brillo_Solar.pdf)
- Vargas, C. (2018). *Microredes Eléctricas Basadas en Energías Renovables. Estudio De Factibilidad De La Implementación De Un Sistema Solar Fotovoltaico En La Finca Villa Catalina Centro Universitario de Tonalá*. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/15474?show=full>
- Vides. Prado, A. (2018). *Analisis de factibilidad tecnico-economico de sistemas fotovoltaicos en zonas remotas para las comunidades indigenas en la Guajira - Colombiana*.

## GLOSARIO

### **Bloque de generación**

El bloque de generación está conformado por los paneles fotovoltaicos, donde el número y tipo de conexión existente entre ellos depende de varios factores como: el valor promedio de la insolación del lugar, la carga y la máxima potencia nominal de salida del panel (Vasconcelos, 2017), para la finca “La María” se debe revisar que cada bloque pueda ser capaz de alimentar una luminaria para el caso de los postes de iluminación y dos bombillas de la parte exterior de las casas construidas dentro de la finca “La María”.

### **Bloque de acumulación.**

El bloque de acumulación es la parte del sistema fotovoltaico encargado de almacenar y controlar la carga y descarga del sistema (Vasconcelos, 2017).

### **Banco de baterías.**

Por lo general son baterías de ciclo profundo, las cuales están diseñadas para soportar niveles de descarga profundos durante muchos ciclos de carga y descarga. Evita la descarga de las baterías a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida del panel PV es nulo (Vasconcelos, 2017).

### **Fusibles o llaves de protección.**

Protegen las baterías y son incorporadas al sistema como un elemento de seguridad (Vasconcelos, 2017).

### **Medidor de carga.**

Dispositivo que permite conocer el estado de carga del banco (Vasconcelos, 2017).

## **Bloque de carga.**

El bloque de carga está encargado de suministrar la energía producida por los paneles solares a los equipos que requieran energía eléctrica y lo conforman:

- ✓ **Inversor** Su Función es convertir la corriente continua proveniente de las baterías o directamente del panel en corriente alterna para su aprovechamiento.
- ✓ **Cableado** Es lo más básico del sistema y su selección tiene un rol importante en la reducción de pérdidas de energía.

Los siguientes son los componentes básicos que se deben estudiar y desarrollar para poder implementar y operar de forma eficiente un proceso fotovoltaico durante el desarrollo del diseño conceptual:

## **Luminaria**

El sistema utiliza una batería recargable con fuente de energía renovable captada por un panel solar de 30 x 30 cm y una batería para alimentar una bombilla tipo LED de luz blanca ambiental e indirecta, soportado sobre un poste en madera o material similar que de la apariencia de madera de 7 m de largo y 20 cm de diámetro anclado o empotrado al piso sobre un dado en concreto con dimensiones 50 cm de diámetro 1,0 metro de profundidad existentes alrededor de las casas Habitacionales de la Finca La María.

## **Panel solar fotovoltaico**

El panel alimenta la luminaria tipo LED solar para exteriores de 60W > 7.200 Lm, este panel está conformado por un marco de aluminio para disminuir el peso, un cristal protector, un encapsulado que contiene las celdas solares conectadas en serie, una cubierta protectora posterior y la caja de conexiones (Vasconcelos, 2017).

### **Batería de almacenamiento.**

Las baterías para este tipo de iluminación existente por lo general son de al menos 635 WH de 12 V o superior, baterías recargables de alta calidad de iones de litio  $\text{Li}(\text{NiCoMn})\text{O}_2$ , con autonomía de al menos 8 horas full potencia y 12 h con sensor, la carga para este tipo de baterías será de 4 a 5 horas, con una garantía de no menos de 1 año por defectos de fábrica. Este tipo de baterías ocupan poco espacio, pesan poco y no emiten gases; por tanto, se pueden poner en cualquier sitio, el tiempo de carga es el más rápido (Vasconcelos, 2017).

### **Panel solar para estructuras.**

El panel solar se ubica sobre el techo de cada una de las estructuras, es importante indicar que las estructuras tienen un muro en el centro sobre el cual se puede anclar cada panel solar. El sistema propuesto debe suministrará energía para alimentar una toma corriente (carga equivalente a 2 teléfonos celulares por 2h) y dos bombillas tipo LED de luz blanca 5W por 8 horas para iluminar cada ambiente al interior de cada estructura. El sistema funcionará con un módulo fotovoltaico, un regulador de carga, un medidor de voltaje, una batería, un convertidor, dos puntos para los bombillos LED con sus interruptores, una toma corriente 110V recargable (Vasconcelos, 2017).

### **La luz solar o energía Fotovoltaica,**

Es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina (Vasconcelos, 2017).

### **Bosques riparios**

Son agrupaciones de árboles que se localizan en las riveras de las corrientes de agua.



## ANEXOS

### Anexo 1. Recomendaciones

1. Se recomienda continuar con la implementación de energías renovables en pro al cuidado del medio ambiente y a la reducción notable de la huella de carbono sobre el planeta.
2. Se recomienda el aprovechamiento de la radiación solar y el comportamiento climático para asegurar que se cuente con energía el 100% del tiempo sobre la finca la María, teniendo como premisa que existen animales domésticos, de granja y es una finca cafetera.
3. Se recomienda hacer el seguimiento de las variables del sistema para dar un aprovechamiento total del mismo sobre la finca la María.
4. Se debe realizar mantenimiento al sistema, verificando estado actual y vida útil de los elementos acorde a la recomendación del fabricante.
5. Se viabiliza el presupuesto de estimación de gastos del sistema, el cual muestra que se debe hacer una inversión inicial para la implementación del sistema, de igual manera se debe revisar continuamente el funcionamiento, y tener en cuenta que el periodo de vida útil de los paneles y las baterías son 10 años, lo cual puede ocasionar un gasto adicional y cambio de equipos dentro del sistema y esto varía según el costo actual del mercado.