



CARTA DE AUTORIZACIÓN

| | | | | | | | |
|--------|--------------|---------|---|----------|------|--------|--------|
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-06 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 1 |
|--------|--------------|---------|---|----------|------|--------|--------|

Neiva, Huila 17 de Mayo de 2019

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

La suscrita:

ANGELA MARCELA CALDERON ORTIZ, con C.C. No. 1.083.880.479 PITALITO.

Autor (a) de la tesis y/o trabajo de grado

titulado, DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE ABASTEZCA ENERGÉTICAMENTE ELECTRODOMESTICOS BASICOS EN DOS SITIOS TURÍSTICOS DEL SUR HUILA, ESTIMANDO SU MERCADO E IMPACTO AMBIENTAL,

Presentado y aprobado en el año 2019 como requisito para optar al título de

MAGISTER EN INGENIERIA Y GESTION AMBIENTAL

Autorizo al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales "open access" y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores" , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: Angela M. Calderón Ortiz
CC 1.083.880.479 pto

Vigilada Mineducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

| | | | | | | | |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| CÓDIGO | AP-BIB-FO-07 | VERSIÓN | 1 | VIGENCIA | 2014 | PÁGINA | 1 de 3 |
|---------------|---------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|---------------|---------------|

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE ABASTEZCA ENERGÉTICAMENTE ELECTRODOMESTICOS BASICOS EN DOS SITIOS TURÍSTICOS DEL SUR HUILA, ESTIMANDO SU MERCADO E IMPACTO AMBIENTAL.

AUTOR O AUTORES:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| CALDERON ORTIZ | ANGELA MARCELA |

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| CERQUERA PEÑA | NESTOR ENRIQUE |

ASESOR (ES):

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| | |

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: MAGISTER EN INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

FACULTAD: INGENIERIA

PROGRAMA O POSGRADO: MAESTRIA EN INGENIERIA Y GESTION AMBIENTAL

CIUDAD: NEIVA HUILA

AÑO DE PRESENTACIÓN: 2019

NÚMERO DE PÁGINAS: 113

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas Fotografías Grabaciones en discos ___ Ilustraciones en general ___ Grabados ___ Láminas ___
Litografías ___ Mapas ___ Música impresa ___ Planos ___ Retratos ___ Sin ilustraciones ___ Tablas o Cuadros ___

Vigilada meducación



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 3

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento:

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (*En caso de ser LAUREADAS o Meritoria*):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

| <u>Español</u> | <u>Inglés</u> |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. <u>Gestión ambiental</u> | <u>Environmental management</u> |
| 2. <u>Energía alternativa</u> | <u>Alternative energy</u> |
| 3. <u>Desarrollo sostenible</u> | <u>Sustainable development</u> |
| 4. <u>Turismo ambiental</u> | <u>Environmental tourism</u> |

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

El propósito del proyecto, fue diseñar un sistema fotovoltaico aprovechando la radiación solar presente en dos sitios turísticos del sur del Huila, con el fin de determinar si es viable la generación de energía eléctrica con paneles solares que suministren potencia necesaria para alimentar algunos electrodomésticos básicos usados en estas zonas. Se requirió además caracterizar el mercado y estimar impactos ambientales con el fin de fortalecer el ecoturismo e indirectamente el desarrollo regional del área de influencia, debido a que la literatura referenciada afirma que los turistas prefieren estar en espacios de relajación y descanso que utilicen las energías limpias.

Los dos sitios turísticos objeto de estudio fueron: El Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos y el Parque Alto de los Ídolos, ubicados en zonas rurales del sur del departamento, el interés de la selección fue principalmente debido a que estos presentan características naturales y de interés turístico pero no son de gran acogida turística como por ejemplo el desierto de la Tatacoa o el parque arqueológico de san Agustín.

La metodología para el desarrollo del propósito investigativo dispuso de 5 etapas, las cuales se listan a continuación: Etapa 1. Demanda Energética Etapa 2. Análisis de datos Meteorológicos de radiación solar y temperatura Etapa 3. Diseño y simulación de un sistema fotovoltaico Etapa 4. Caracterización de Mercado objetivo, Etapa 5. Estimación del posible impacto ambiental.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

The purpose of the project was to design a photovoltaic system taking advantage of the solar radiation present in two tourist sites in the south of Huila, in order to determine if it is feasible to generate electric power with solar panels that supply power needed to power some used basic appliances in these areas. It was also



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

necessary to characterize the market and estimate environmental impacts in order to strengthen ecotourism and indirectly the regional development of the area of influence, because the literature referenced states that tourists prefer to be in spaces of relaxation and rest that use clean energy.

The two tourist sites studied were: The Cueva de los Guácharos National Park and the Alto de los Ídolos Park, located in rural areas of the south of the department, the interest of the selection was mainly due to the fact that they have natural characteristics and tourist interest but they are not of great tourist welcome as for example the desert of the Tatacoa or the archaeological park of San Agustín.

The methodology for the development of the investigative purpose had 5 stages, which are listed below: Stage 1. Energy Demand Stage 2. Analysis of meteorological data of solar radiation and temperature Stage 3. Design and simulation of a photovoltaic system Stage 4. Characterization of the target market, Stage 5. Estimation of the possible environmental impact.

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: MSc. JORGE ANTONIO POLANIA PUENTES

Firma:

Nombre Jurado: MSc JORGE ANTONIO POLANIA PUENTES

Firma:

Nombre Jurado: MSc JENNIFER KATIUSCA CASTRO CAMACHO

Firma:

Jennifer Katiusca Castro C

DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO QUE ABASTEZCA
ENERGÉTICAMENTE ELECTRODOMESTICOS BASICOS EN DOS SITIOS
TURÍSTICOS DEL SUR HUILA, ESTIMANDO SU MERCADO E IMPACTO
AMBIENTAL

ANGELA MARCELA CALDERON ORTIZ

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Magister en
Ingeniería y Gestión Ambiental

Director

NESTOR ENRIQUE CERQUERA PEÑA MSc

FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN INGENIERIA Y GESTION AMBIENTAL
UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NEIVA (HUILA)

2019

Nota de aceptación

Jorge Antonio Polonia Puentes

Jurado

Jennifer Katusca Castro Camacho

Jurado

Néstor Enrique Cerquera Peña

Director

Dedicatoria

Principalmente dedico este trabajo a Dios, mi único y suficiente salvador al cual daré la gloria y la honra.

A mis padres Carlos Calderón Rivera y Ligia Ortiz Cruz quienes con su esfuerzo y dedicación, hicieron posible estos resultados, a mi hermana Tania Julieth Calderón Ortiz quien con ella forman el mejor regalo de familia que la vida ha podido brindarme en mis años de existencia.

Agradecimientos

Expreso estos a la comunidad de los parques Cueva de los Guácharos ubicado entre los municipios de Palestina – Acevedo y al Alto de los ídolos en San José de Isnos por colaborar con el proceso de investigación. Igualmente agradezco a las instituciones públicas y privadas del departamento como El IDEAM, la Electrificadora del Huila, y a las Empresas dedicadas a las energías renovables a base de la radiación solar.

Al Ingeniero Automático, Frayerth Argemiro Artunduaga Medina, por el apoyo constante, al ingeniero electrónico, Magister en ingeniería eléctrica Jorge Antonio Polania Puentes, por su contribución y acompañamiento en la simulación del sistema fotovoltaico en el software MatLab (Simulink) para la consolidación de mi trabajo.

A mi director de trabajo de grado Néstor Enrique Cerquera Peña, por acompañarme durante todo el proceso de formación en el desarrollo y terminación del producto final hecho una realidad.

A los docentes de la maestría, quienes me proporcionaron las herramientas necesarias para hacer frente a los retos que se presentaron a lo largo de este proyecto de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|------|
| Resumen | 10 |
| INTRODUCCIÓN | 12 |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN..... | 14 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 21 |
| 2. OBJETIVOS..... | 24 |
| 2.1. GENERAL..... | 24 |
| 2.2. ESPECÍFICOS..... | 24 |
| 3. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES | 25 |
| 3.1. MARCO CONTEXTUAL | 25 |
| 3.1.1. Energía solar en Colombia. | 25 |
| 3.1.2. Situación Energética..... | 25 |
| 3.1.3. Energía Renovable fotovoltaica. | 26 |
| 3.1.4. Instalaciones fotovoltaicas. | 27 |
| 3.1.5. Potencial solar. | 28 |
| 3.2. MARCO LEGAL..... | 29 |
| 3.2.1. Constitución política de Colombia 1991..... | 29 |
| 3.2.2. Leyes 142 y 143 de 1994..... | 29 |
| 3.2.3. Plan energético Nacional (2003-2020)..... | 30 |
| 3.2.4. Ley 812 de 2003. Artículo 118..... | 31 |
| 3.2.5. Normas técnicas Colombianas. | 31 |
| 3.2.6. Ley 1715 de 2014..... | 31 |
| 3.3. MARCO CONCEPTUAL | 32 |
| 3.3.1. Términos y Componentes de un sistema fotovoltaico aislado. | 32 |
| 3.3.1.1. Radiación solar. | 33 |
| 3.3.1.2. Celda, Panel o Placa fotovoltaica. | 33 |
| 3.3.1.3. Baterías. | 34 |
| 3.3.1.4. Inversor..... | 34 |
| 3.4. ANTECEDENTES | 34 |
| 3.5. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 3.5.1. Parque Nacional Natural PNN Cueva de los Guácharos..... | 37 |
| 3.5.1.1. Generalidades. | 37 |
| 3.5.1.2. Importancia Ambiental. | 38 |
| 3.5.1.3. Ecoturismo en el PNN Cueva de los Guácharos. | 39 |
| 3.5.1.4. Situación Energética en el PNN. | 40 |
| 3.5.2. Parque Alto de los Ídolos | 41 |
| 3.5.2.1. Generalidades. | 41 |
| 3.5.2.2. Importancia cultural y ambiental. | 42 |
| 3.5.2.3. Turismo Parque Alto de los Ídolos. | 43 |
| 3.5.2.4. Situación Energética. | 44 |
| 4. METODOLOGÍA | 44 |
| 4.1. ENFOQUE DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN | 44 |
| 4.1.1 Técnica de Investigación e instrumentos. | 44 |
| 4.1.1.1. Fuente de Información primaria. | 45 |
| 4.1.1.2. Fuente de Información Secundaria. | 45 |
| 4.1.2 Población. | 45 |
| 4.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS | 45 |
| 4.2.1 Procedimiento para hallar Demanda Energética | 46 |
| 4.2.2 Procesamiento de datos meteorológicos | 46 |
| 4.2.3 Procedimiento para el dimensionado y simulación del sistema Fotovoltaico..... | 46 |
| 4.2.4 Caracterización de mercado objetivo | 53 |
| 4.2.5 Estimación de los posibles impacto ambientales | 53 |
| 5. RESULTADOS Y DISCUSION..... | 54 |
| 5.1 DEMANDA ENERGETICA | 54 |
| 5.2. ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS DE RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA..... | 56 |
| 5.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO | 57 |
| 5.3 CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO OBJETIVO..... | 68 |
| 5.3.1 Producto y precios..... | 68 |
| 5.3.2 Demanda Focalizada | 70 |
| 5.3.3 Oferta..... | 74 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.4 Clientes Potenciales..... | 75 |
| 5.3.5 Comercialización..... | 76 |
| 5.4. ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL | 77 |
| 5.4.1 Línea Base | 77 |
| 5.4.1.1. Factores Bióticos | 77 |
| 5.4.1.2. Factores Abióticos | 80 |
| 5.4.1.3. Factores socioeconómicos y culturales..... | 82 |
| 5.4.2. Lista de Chequeo..... | 84 |
| 6. CONCLUSIONES | 92 |
| 7. REFERENCIAS | 93 |
| ANEXOS | 98 |
| Anexo 1. Procedimiento en el Software MatLab para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico en los dos Parques. | 99 |
| Anexo 2. Especificaciones del panel solar seleccionado 310W 24V Policristalino Atersa | 105 |
| Anexo 3. Especificaciones de la Batería LEOCH LPG12-200(12V-200AH)..... | 106 |
| Anexo 4. Especificaciones del Regulador de Carga BLUESOLAR MPPT 100/30..... | 107 |
| Anexo 5. Especificaciones del Inversor | 108 |
| Anexo 6. Documento de Encuesta Estructurada Aplicada | 109 |
| Anexo 7. Registro fotográfico de los Parques y aplicación de encuestas..... | 110 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Coeficientes k de corrección para latitud= 1° | 47 |
| Tabla 2. Descripción y Valor tomado para la Instalación | 48 |
| Tabla 3. Referencias de Elección Tensión Nominal de la Instalación | 51 |
| Tabla 4. Consumo energético PNN Cueva de los Guácharos | 54 |
| Tabla 5. Consumo energético Parque Alto de los Ídolos | 55 |
| Tabla 6. Demanda Energética Real | 55 |
| Tabla 7. Radiación solar promedio mensual | 56 |
| Tabla 8. Radiación solar promedio mensual | 56 |
| Tabla 9. Radiación Media Diaria con factor de corrección k | 57 |
| Tabla 10. Radiación Media Diaria con factor de corrección k | 58 |
| Tabla 11. Promedio de temperatura la estación Guacharos | 59 |
| Tabla 12. Promedio de temperatura la estación Guacharos | 59 |
| Tabla 13. Potencia Nominal del Inversor | 65 |
| Tabla 14. Descripción del producto y precios PNN Cueva de los Guácharos | 68 |
| Tabla 15. Descripción del producto y precios Parque Alto de los Ídolos | 69 |
| Tabla 16. Compendio de empresas dedicadas al sector energético en el Huila | 74 |
| Tabla 17. Lista de Chequeo. Actividades Generadoras de Impacto | 85 |
| Tabla 18. Criterios para la evaluación de la importancia del impacto | 86 |
| Tabla 19. Matriz de Connesa | 88 |
| Tabla 20. Resultado de los Impactos Positivos más significativos y de mayor importancia | 90 |
| Tabla 21. Emisiones de CO2 con energía eléctrica convencional | 90 |
| Tabla 22. Resultado de los Impactos Negativos más significativos y de mayor importancia | 91 |

Lista de Ecuaciones

| | |
|-------------------|----|
| Ecuación 1 | 57 |
| Ecuación 2 | 58 |
| Ecuación 3 | 58 |
| Ecuación 4 | 59 |
| Ecuación 5 | 60 |
| Ecuación 6 | 60 |
| Ecuación 7 | 60 |
| Ecuación 8 | 61 |
| Ecuación 9 | 61 |
| Ecuación 10 | 61 |
| Ecuación 11 | 62 |

| | |
|-------------------|----|
| Ecuación 12 | 62 |
| Ecuación 13 | 63 |
| Ecuación 14 | 63 |
| Ecuación 15 | 63 |
| Ecuación 16 | 64 |
| Ecuación 17 | 64 |
| Ecuación 18 | 64 |

Listado de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1 Esquema de funcionamiento de un sistema fotovoltaico aislado..... | 32 |
| Figura 2. Paneles solares más comunes..... | 33 |
| Figura 3. Ubicación geográfica del PNN Cueva de los Guácharos..... | 37 |
| Figura 4. Recorrido parte del PNN Cueva de los Guácharos | 41 |
| Figura 5. Ubicación del Parque Arqueológico Alto de los Ídolos..... | 42 |
| Figura 6. Simulación del Sistema Fotovoltaico en el PNN Cueva de los Guácharos | 66 |
| Figura 7. Respuesta Batería Figura 8. Respuesta Carga | 67 |
| Figura 9. Respuesta Inversor Figura 10. Respuesta Panel..... | 67 |
| Figura 11. Pasos para caracterizar el posible mercado..... | 68 |
| Figura 12 Canal de Distribución del sistema fotovoltaico | 76 |

Resumen

El propósito del presente proyecto, es diseñar un sistema fotovoltaico aprovechando la radiación solar presente en dos sitios turísticos del sur del Huila, con el fin de determinar si es viable la generación de energía eléctrica con paneles solares que suministren potencia necesaria para alimentar algunos electrodomésticos básicos usados en estas zonas. Se requiere además caracterizar el mercado y estimar impactos ambientales con el fin de fortalecer el ecoturismo e indirectamente el desarrollo regional del área de influencia, debido a que la literatura referenciada, afirma que los turistas prefieren estar en espacios de relajación y descanso que utilicen las energías limpias.

Los dos sitios turísticos objeto de estudio son: El Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos y el Parque Alto de los Ídolos, ubicados en zonas rurales del sur del departamento, el interés de la selección fue principalmente debido a que estos presentan características naturales y de interés turístico pero no son de gran acogida turística como por ejemplo el desierto de la Tatacoa o el parque arqueológico de san Agustín.

La metodología para el desarrollo del propósito investigativo dispone de 5 etapas, las cuales se listan a continuación: **Etapas** **1.** Demanda Energética **Etapas** **2.** Análisis de datos Meteorológicos de radiación solar y temperatura **Etapas** **3.** Diseño y simulación de un sistema fotovoltaico **Etapas** **4.** Caracterización de Mercado objetivo, **Etapas** **5.** Estimación del posible impacto ambiental.

Palabras Claves: Gestión ambiental, energía alternativa, desarrollo sostenible, turismo ambiental

Abstract

The purpose of this project is designing a photovoltaic system taking advantage of the solar radiation presented in two tourist sites in southern Huila, in order to determine whether it is feasible to generate electricity power by solar panels that provide the necessary power to supply some household appliances in these places. It is also necessary to characterize the market and estimate environmental impacts in order to strengthen ecotourism and the regional development of the influence area indirectly, due to the referenced literature states that tourists prefer to be in relaxation spaces to rest where renewable energies exist.

The two tourist sites under study are: La Cueva de los Guácharos National Natural Park (Guacharo's Cave) and the Alto de los Ídolos Park, located especially in rural areas in the south of the department, the interest of the selection was mainly because even though they have natural characteristics and tourist interest, they are not as great accepted as for example El Desierto de la Tatacoa (The Tatacoa's Desert) or the Archaeological Park in San Agustín.

The methodology for the development of this researching purpose has 5 stages, which are listed below: **Stage 1.** Electricity Power Demand **Stage 2.** Meteorological data analysis of solar radiation and temperature **Stage 3.** Designing and simulation of a photovoltaic system **Stage 4.** Characterization of the target market , **Stage 5.** Estimation of the possible environmental impact.

Key words: Environmental management, alternative energy, sustainable development, environmental tourism.

INTRODUCCIÓN

La utilización de combustibles fósiles como principal fuente generadora de electricidad en el mundo, es una de las actividades a nivel antrópico que aporta grandemente a la emisión de dióxido de carbono, la destrucción de la capa de ozono y por ende al fortalecimiento del cambio climático global.

En este escenario se vinculan las energías renovables, como una alternativa clave que contribuye al remplazo de la forma de obtención de energía tradicional. La situación mencionada anteriormente ha generado espacios en los cuales empresas, instituciones e incluso el estado empieza a concebir la importancia de planear proyectos, que vinculen la utilización de las energías alternativas.

Siguiendo este orden de ideas, la presente investigación propuso diseñar un sistema fotovoltaico en dos sitios turísticos del sur del Huila, con el fin de determinar si es viable la generación de energía eléctrica, además requirió estimar el mercado e impactos ambientales con el fin de fortalecer el ecoturismo e indirectamente el desarrollo regional del área de influencia.

Los dos sitios turísticos objetos de estudio fueron: El Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos y el Parque Alto de los Ídolos, ubicados en zonas rurales en el sur del departamento, fue de interés su selección debido a que aunque éstos presentan características naturales y de interés turístico no son de gran acogida como por ejemplo el Desierto de la Tatacoa o el Parque Arqueológico de San Agustín.

La importancia de desarrollar esta investigación radicó fundamentalmente en explorar un poco más acerca de la utilización de energías renovables, debido a que el remplazo de las formas convencionales por alternas traerían beneficios para la calidad del componente ambiental y la vida de las personas. Aunque el uso de estos mecanismos innovadores tiene sus propias limitantes, en primera instancia, los altos costos de implementación, sin embargo pensando en una relación costo beneficio sería interesante el resultado.

La obtención de energía eléctrica en el Parque Nacional Natural cueva de los Guácharos por ejemplo, según (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018) se realiza “a partir de una Turbina Pelton que genera 4,5 kW de energía eléctrica”.

De acuerdo a lo anterior en esta zona no interconectada de la red eléctrica, existe implementación de energía renovable hidráulica, sin embargo la cobertura energética de la electrificadora está cada vez más apoderándose de zonas rurales y que bueno pensar en que el servicio puede ser abastecido no por estas fuentes convencionales sino por fuentes alternas de energía limpias como la solar, principalmente tratándose de un parque de conservación natural que atrae turísticamente.

La metodología para el desarrollo del propósito investigativo dispone de 5 etapas, las cuales se listan a continuación:

Etapa 1. Demanda Energética, en la cual se realizó la solicitud de información a la electrificadora del Huila al igual que revisión de literatura para conocer consumos aproximados de potencia nominal, así como el tiempo estimado de utilización de electrodomésticos básicos, tales como: bombillas, televisores, radios, lavadora, nevera, celulares, computadores, para después de la realización de los cálculos ya expuestos en la metodología y calcular la demanda energética para cada zona de estudio.

Etapa 2. Análisis de datos Meteorológicos de radiación solar y temperatura, en esta fase se solicitó información primaria al Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, entidad que proporcionó datos históricos de radiación solar y temperatura de los años comprendidos entre 2008 y 2018 de los cuales se tiene registros en estaciones meteorológicas cercanas a cada uno de los sitios turísticos objeto de investigación. Se procesaron los datos determinándose los meses de menor radiación y temperatura, datos clave para el dimensionamiento del sistema.

Etapa 3. Diseño de un sistema fotovoltaico. Se llevó a cabo el uso y aplicación del software MatLab, que permitió a través de las ecuaciones citadas de la literatura dispuesta

en (Mendez & Cuervo, 2007) obtener el dimensionamiento y además la simulación del sistema.

Etapa 4. Caracterización de Mercado objetivo. Se realizó de manera muy general, se analizaron aspectos de producto, precios, demanda focalizada, oferta, clientes potenciales y canal de distribución, con el fin de estimar el posible mercado del sistema fotovoltaico.

Etapa 5. Estimación del impacto ambiental. Fue posible desarrollando cada uno de los pasos trazados en la metodología, pues al final se identificaron los impactos significativos mediante la aplicación de la matriz de Conesa, dispuesta en (Hidroar S.A, 2019) y (Hoyos & Hernandez, 2017). El cumplimiento de las anteriores etapas permitió desarrollar el presente proyecto de investigación.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

La humanidad a través del tiempo, ha venido enfrentando problemas sociales, económicos, políticos, culturales, y con mayor fuerza en los últimos años aquellos de carácter ambiental, consecuencia de la explotación insostenible de los recursos naturales.

Por lo tanto, las actividades antrópicas inadecuadas frente al aprovechamiento de los recursos naturales, no cumplen el concepto de sostenibilidad establecido por la comisión Brundtland en la Organización de las Naciones Unidas, al referirse al “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer los recursos de las futuras generaciones”. (ONU, 1992).

De acuerdo a lo anterior, se evidencia el no sostenimiento y mantenimiento de los recursos naturales para una futura descendencia. Básicamente ésta es la preocupación que surge en las conferencias realizadas entre varios países para solucionar problemas medioambientales. Es así como en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), (como se cita en Olmos, Espinosa, Clementina, Zavala, & Guadarrama, 2011) se definió la alteración climática “como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”.

En la investigación “Evaluación de la energía solar fotovoltaica como solución a la dependencia energética de zonas rurales de Colombia” el autor (Toledo Arias, 2013) menciona que:

Para la mitigación del cambio climático los esfuerzos van encaminados a desarrollar tecnologías y ciencias con el fin de frenar los efectos del calentamiento global. Las líneas de actuación para solucionar el problema, deben girar en torno al ahorro y eficiencia energética [...].

Teniendo en cuenta lo anterior una de las principales fuentes de contaminación que influyen directamente para generar el cambio climático es la utilización desmesurada de los combustibles fósiles para la captación de energía, al liberar dióxido de carbono CO₂, gas principal de efecto invernadero.

En este sentido, en aras de establecer cobertura en el servicio energético se ha empleado por años a nivel mundial, el uso de combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, como lo mencionan (Eraso checa & Erazo De la Cruz, 2015), “en la actualidad el 60% de la energía mundial proviene de fuentes fósiles consideradas no renovables, que presentan el problema de ser recursos limitados no sustentables en el tiempo y altamente contaminantes”, o tal como lo plantea (Bordons, Garcia, & Valderverde, 2015) “el sistema eléctrico tradicional se ha basado en la gestionabilidad que permite la energía almacenada por la propia naturaleza durante años en los combustibles fósiles”.

Escenario en donde se vinculan las energías renovables, como una opción adecuada para contribuir al remplazo de la energía tradicional, ante ello (Ledesma, 2007), plantea que “el uso de energías renovables, es una fuente de energía ilimitada, promete la liberación de la dependencia de combustibles fósiles para generar energía”, y según el plan energético nacional (2003-2020) de Colombia “reconoce a las Energías Renovables, como una alternativa para suplir la necesidad energética rural”.

Según (Bordons, Garcia, & Valderverde, 2015) “la transición a un nuevo modelo energético estará sujeta a la superación de ciertas barreras tecnológicas debidas a la aleatoriedad propia de las fuentes de generación renovable”.

Aunque en la actualidad se ha demostrado que las energías limpias, son una alternativa eficiente como parte de la solución de emisiones de dióxido de carbono por los combustibles fósiles, se deben contemplar las limitaciones o dificultades que el uso y aplicación de este tipo de tecnologías trae consigo, a consideración (Bordons, Garcia, & Valderverde, 2015), “mencionan que la adopción masiva de las energías renovables plantea por tanto nuevos retos tecnológicos, ya que su inherente intermitencia asociada a la climatología las hace difícilmente gestionables”.

Por lo tanto las condiciones climáticas del sector, influyen directamente sobre la eficiencia de la energía renovable a utilizar pues así lo afirman nuevamente (Bordons, Garcia, & Valderverde, 2015) al mencionar que “el uso de energías renovables provoca que la generación esté unida a las condiciones ambientales. Por tanto, una operación fiable y con criterios económicos debe considerar el pronóstico del tiempo”.

Colombia en su biodiversidad cuenta con una alta gama de recursos ambientales renovables que incluyen las condiciones meteorológicas en contextos específicos de sus territorios, tal como lo sustenta (Toledo Arias, 2013) “el país, tiene abundante potencial solar e hidroeléctrico, recursos eólicos muy importantes, pero limitadas reservas de gas y algunas reservas de crudo”.

Por lo tanto, el interrogante que surge en este momento sería como lo menciona el mismo autor (Toledo Arias, 2013) “¿Cómo hacer un uso racional de estos recursos? ésta es una cuestión estratégica clave que Colombia necesita abordar en el contexto del cambio climático y de los tratados multilaterales encaminados a frenar los gases de efecto invernadero”.

Es necesario que la estrategia clave a abordar promueva una oferta energética equilibrada en la que como fuentes de energía, permitan la evolución de un desarrollo sostenible.

De acuerdo a (Toledo Arias, 2013) menciona que la “reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y la diversificación del mercado, junto con las preocupaciones sobre la minimización de los impactos negativos del consumo de energía, han hecho de las energías renovables en Colombia una alternativa atractiva”.

Según el autor (Ladino, 2011) analiza el concepto de energía y su impacto en las comunidades, mencionando lo siguiente:

La energía es un factor fundamental para el desarrollo de las comunidades urbanas y rurales; en nuestro país es evidente que aquellas comunidades apartadas en la geografía colombiana, en lo que algunos autores denominan la Colombia olvidada, presentan problemas de abastecimiento de agua, saneamiento básico, baja cobertura de luminosidad en la noche, falta de comunicaciones, lo cual repercute en los índices de calidad de vida y desarrollo por la falta de estos servicios [...]. Por otro lado, el mismo autor menciona que la falta de energía dentro del territorio rural incide de manera negativa en las condiciones de calidad de vida de los habitantes rurales e igualmente dificulta el desarrollo de las actividades domésticas y la productividad agropecuaria, labores que influyen en el desarrollo rural.

Si bien, las energías renovables son una opción interesante, como parte de solución a la problemática de las zonas que se encuentran vinculadas al sistema de interconexión nacional urbano, para controlar o frenar el uso de combustibles fósiles; lo es aún más para los territorios aislados catalogados como parte rural, que no cuentan con este enlace. Así mismo lo denota (Toledo Arias, 2013) “además, las posibilidades de producción de energía cerca de los centros de consumo y el suministro inadecuado de energía en las zonas remotas y rurales hacen también que las energías renovables sean una opción tecnológica interesante y prometedora”.

Los espacios catalogados como área rural, según (Jimenez, 2014) “se fundamentan en el reconocimiento de los activos naturales, ambientales y culturales del territorio, esta multifuncionalidad puede ser aprovechada para diversificar la matriz productiva en favor del progreso de la población local, que generalmente es la más vulnerable”. Según Rodríguez (2003) como se cita en (Ladino, 2011) afirma que “se puede utilizar en Colombia brillos solares para ser transformadas en electricidad donde el proceso es inagotable”

Por lo tanto, se debe tener alguna forma de energía ambientalmente eficiente que brinde posibilidades a las comunidades rurales. Según la FAO como se cita en (Ladino, 2011)

“hace un llamado para incentivar las energías renovables como alternativas a mediano y largo plazo, con la intención de disminuir la pobreza y aumentar la calidad de vida de los habitantes en sectores rurales”.

Bajo este contexto, la implementación de las energías alternativas en zonas rurales, para la ejecución de proyectos que potencien el desarrollo sostenible. De acuerdo a (Chen et al. 2008) como se cita en (Torres-Alvarez & Peña-Cortés, 2011) requiere, “de toda la información territorial que es consecuencia y motor de desarrollo, y es la base para la materialización de proyectos, programas y nuevas oportunidades de inversión en un espacio geográfico determinado”

Así mismo (García et al. 2006) como se cita en (Torres-Alvarez & Peña-Cortés, 2011), “con la información del territorio se pueden diferenciar aquéllas espacios que se enmarcan en un desarrollo productivo vinculados a fines energéticos.

Es aquí donde se puede indagar acerca de cómo vincular el sector rural en un proyecto sostenible, en el que haciendo uso de las energías alternativas y aprovechando las riquezas turísticas que posee el departamento, puedan tener desarrollo regional ecoturístico, al mismo tiempo que es participe activo de la utilización de energías limpias. Por lo tanto, se enmarca la zona rural como espacio estratégico para la implementación de energías renovables en fusión con el turismo.

Lo anterior para promover el ecoturismo con actividades de bajo impacto tales como descanso, relajación, meditación, recreación pasiva, el avistamiento de aves, el disfrute del silencio y el contacto con la naturaleza, como lo considera (Jimenez, 2014):

Los visitantes interesados en disfrutar de la naturaleza megadiversa, y participar de los estilos de vida de la población local rural, interactuando con su cultura, su patrimonio tangible e inmaterial, están dispuestos a pagar más si las instalaciones cuentan con energía renovable, que fomente el desarrollo local y regional.

Siguiendo este orden de ideas se formulan las siguientes preguntas de investigación ¿El diseño de un sistema fotovoltaico para el Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos y el Parque Alto de los Ídolos puede generar la energía eléctrica necesaria para alimentar

electrodomésticos básicos en estas zonas? ¿Es viable la implementación del sistema, estimando la caracterización de mercado y los impactos ambientales generados?

Teniendo en cuenta que el turismo es una actividad económica importante con repercusiones sociales, económicas, políticas y ambientales que influyen en las personas y lugares en prácticamente todos los rincones del mundo contemporáneo, (Giraldo Uribe, 2015) menciona que “es una dinámica que se debe potenciar con base a conceptos de sustentabilidad, aprovechando los recursos con los que cuentan las regiones”.

El departamento del Huila incluye un portafolio extenso de sitios turísticos a los cuales acceder, debido a su ubicación geográfica, la misma cultura, o por la riqueza natural evidenciada en diferentes paisajes que representan fauna y flora representativa de la zona, es así como gracias a políticas claras de gestión, sitios como el parque arqueológico de San Agustín, el desierto de la Tatacoa, el nevado del Huila, entre otros, son reconocidos e identificados internacionalmente como lugares atractivos sujetos al turismo, dejando a un lado las zonas territoriales objeto de estudio; El Parque Nacional Natural Cueva de los Guácharos y el parque Alto de los ídolos, que aunque también poseen las características de atención natural-cultural como los anteriores mencionados, no garantizan un mismo volumen de visitantes, como lo afirman (Delgado Ramos, y otros, 2013):

Aunque se han realizado gestiones por medio de entidades, el desarrollo ecoturístico de algunos sitios turísticos no ha sido beneficiado, pues todos los ideales se han quedado en palabras, resolviendo en la no formulación y ejecución de proyectos que potencien el desarrollo del territorio.

Bajo este contexto el área de influencia cuenta con activos naturales, ambientales, sociales, culturales que no han sido explotados para un desarrollo regional, a lo cual se hace necesario pensar en la implementación de procesos cuyo propósito sea fomentar las energías renovables.

De acuerdo a lo anterior, Colombia ha puesto el interés de atraer esta masa de visitantes desde lo descrito en el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 en su Programa de Transformación Productiva en el sector estratégico de Turismo de Naturaleza citado por (Giraldo Uribe, 2015):

Prioriza en su Plan de Negocio de Turismo de Naturaleza de Colombia al Departamento del Huila como un destino de inmediato en el (2013-2015), en los sub-productos ecoturismo, turismo de aventura y turismo rural; permitiendo el fortalecimiento del sector, fomentando la generación de empleos, el desarrollo de pequeñas y medianas empresas PYMES relacionadas y la inversión en negocios sostenibles.

Sin embargo esto no se ha logrado del todo, a lo cual se revela la necesidad imperiosa de vincular proyectos de carácter sostenibles en el área rural principalmente y así generar el tan anhelado desarrollo regional. Aunque revisado el plan nacional 2014-2018 y el plan de desarrollo departamental 2016-2019, no se continúa con la línea de acción que potencia proyectos energéticos sostenibles de turismo rural en el país ni en el departamento, lo que limita el desarrollo de políticas claras en este sentido.

Razón por la cual, las extensiones territoriales rurales de gran importancia para la conservación y protección no han sido potenciadas, debido a la falta de formulación de proyectos que incorporen estrategias que se enmarquen dentro de un enfoque de sostenibilidad, como lo sería incluir las energías renovables como un valor agregado e instrumento para el desarrollo regional rural, fortaleciendo el ecoturismo en estas zonas. Teniendo en cuenta a (Giraldo Uribe, 2015) “manifiesta que encontrar maneras de evaluar y medir el impacto del turismo y su desarrollo asociado a la sostenibilidad es fundamental para el desarrollo de planes de sostenibilidad a largo plazo para las regiones”.

Los fundamentos teóricos analizados y las experiencias descritas en diferentes países incluidos los de América Latina, evidencian que efectivamente el turismo comunitario y las Energías Renovables, fusionan como alternativa viable y eficaz para la solución de la cobertura energética en zonas no interconectadas (rurales). Según (Jimenez, 2014) en su investigación manifiesta que:

Vinculando de esta forma los sitios turísticos como trampolines, eleven a otro nivel, el desarrollo regional que usualmente solo se ve con las actividades de agricultura y ganadería en el sector rural. El estudio también revela que para los turistas es mucho

más llamativo adquirir un servicio que vincule el concepto de sostenibilidad que uno que no lo tenga.

Una vez justificada la importancia de que en el sector rural se formulen proyectos sostenibles haciendo uso de las Energías Renovables, como medio para el desarrollo regional, según (Eraso checa & Erazo De la Cruz, 2015) afirma que en los últimos años se “evidencia un incremento en la capacidad instalada de energías alternativas como lo es la fotovoltaica, además menciona el hecho de que países con niveles inferiores de brillo solar que Colombia, presentan mayor habilidad en la generación de esta fuente renovable”. Lo cual pone en manifiesto la viabilidad de efectuar proyectos de esta índole en el país.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El impacto que puede llegar a generar el reemplazo de los combustibles fósiles por fuentes alternativas para el abastecimiento de energía, puede repercutir no solo en la reducción de emisiones que aportan al calentamiento climático si no también indirectamente en la calidad de vida de las poblaciones, en el sentido de un ambiente más limpio, generación de empleo con el desarrollo de políticas con programas y proyectos que incentiven la ejecución de esta forma alterna, más aun aplicarse en aquellas zonas rurales no interconectada a la red nacional.

Con lo mencionado anteriormente, como estrategia clave es necesario el desarrollo y aplicación de programas que contribuyan a la ejecución de proyectos que empleen las energías alternativas, para que, según (Ladino, 2011) “de alguna manera, se remedien algunos problemas de estas comunidades y contribuir con la disminución de efectos negativos ambientales y de salubridad, como la deforestación y la generación de gases de invernadero en las áreas rurales”.

En este sentido se establece la energía solar como posible solución energética para sistemas térmicos y fotovoltaicos para el área rural colombiana, sin embargo como lo afirma Opazo (2004) como se cita en (Ladino, 2011) “el costo de los sistemas solares es alto, pero a medida que se incrementa su uso, los precios son más competitivos, lo que hace que la energía solar empiece a ser atractiva para soluciones energéticas rurales”

Es necesario explorar a que hace referencia la energía fotovoltaica, (Ladino, 2011) por su parte:

Expresa que ésta favorece la posibilidad de elaborar e instalar sistemas tecnológicos viables que cumplan el requisito de suplir necesidades específicas como iluminación, comunicaciones y medios audiovisuales. La energía fotovoltaica tiene un costo de inversión de recuperación a largo plazo: según la Comisión Económica para América Latina CEPAL (2003), como se cita por el mismo autor, menciona que la relación con las pequeñas centrales hidroeléctricas es de uno a siete, es decir, por cada watio el costo de inversión es de siete dólares para energía fotovoltaica.

Debido a la ubicación geográfica del país y más específicamente del departamento del Huila y su posición en la región Andina, presenta variedad de climas y temperaturas arrojando según datos estipulados por (Ladino, 2011), “el potencial energético fotovoltaico colombiano es de 4,5 kWh / m², lo cual permite que se implementen proyectos en diferentes partes del país con condiciones favorables para la utilización de las energías solar, térmica y fotovoltaica”.

Para los cálculos de diseño del sistema fotovoltaico se empleó al software Matlab, que de acuerdo a (Sanjuan Cigales, 2013) “es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio, en el cual es posible obtener todo el código del sistema para poder ejecutarlo en otros programas de simulación”, y es conveniente como lo afirma (Toledo Arias, 2013):

Saber apoyarse en programas informáticos que ayuden a considerar todos los factores que influyen en el sistema y faciliten la labor del diseño, además revela que este tipo de herramientas permiten dimensionar un sistema a partir de unos requisitos energéticos. Pueden determinar el tamaño óptimo de cada uno de los diferentes componentes del sistema, proporcionan información detallada sobre el balance energético de los componentes, indicando además los periodos críticos en los que puede darse una pérdida de carga durante el tiempo.

Por lo tanto se contemplan datos claves como la ubicación geográfica de cada uno de los sitios turísticos sujetos a investigación, los watts/hora-día de cada uno de los electrodomésticos básicos o cargas eléctricas, datos meteorológicos de radiación solar y temperatura para dimensionar el sistema.

El panorama presentado se muestra muy atractivo según lo establecido, sin embargo de acuerdo a (Toledo Arias, 2013) “el diseño de una instalación fotovoltaica puede llegar a ser muy complejo”, y debe responder a que en el sistema hay que contemplar ciertas limitaciones en cuanto a este tipo de energía, en realidad se trata de lograr un aprovechamiento lo más eficientemente posible, pues por el tema de ahorrar, porque la fuente de extracción proveniente es limpia pero intermitente, es decir es un recurso entre comillas limitado, pues solo se almacena durante las horas del día en que la irradiancia se hace mayor, así que se debe considerar el tiempo de exposición del servicio energético en los electrodomésticos.

Teniendo en cuenta otro aspecto de suma importancia la (ley 99, 1993) “por la cual se crea el Sistema Nacional Ambiental SINA”, en su artículo 1 numeral 11, afirma que “los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial”

Según él (Decreto 2041, 2014) define la palabra impacto como “cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad”. Por lo anterior es necesario estimar los impactos ambientales para de una u otra manera, se pueda conocer si el proyecto en cuestión, al ejecutarlo acarrea con el deterioro o no de las condiciones medioambientales a corto, mediano o largo plazo.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Diseñar un sistema fotovoltaico que abastezca energéticamente electrodomésticos básicos en el parque Natural Nacional Cueva de los Guácharos y el Parque Alto de los Ídolos sitios turísticos del sur Huila, estimando su mercado e impactos ambientales.

2.2. ESPECÍFICOS

- Estimar la demanda energética de los electrodomésticos básicos a energizar.
- Diseñar el sistema fotovoltaico utilizando los datos meteorológicos, geográficos y de cargas eléctricas en cada sitio.
- Caracterizar el mercado objetivo de implementar el sistema fotovoltaico para electrodomésticos básicos en las zonas.
- Estimar el Impacto ambiental significativo con la posible aplicación del sistema fotovoltaico.

3. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

3.1. MARCO CONTEXTUAL

3.1.1. Energía solar en Colombia.

“El sol es la principal fuente de energía, emite cada año 4.000 veces más radiación de la que se consume, una energía limpia, inagotable y gratuita que existe en la tierra” (Perez, 2004), es la encargada de permitir la evolución en muchos procesos biológicos de importancia ambiental.

“El interés por la energía solar en Colombia comienza en la crisis energética de la década de los setenta, es cuando las universidades centran sus estudios en campos de los sistemas de energía solar térmica y fotovoltaica” (Ladino, 2011). Trazado este precedente en la historia, a través del tiempo según el mismo autor “para proyectos de energía solar fotovoltaica en áreas rurales las comunidades no interconectadas tienen como alternativas energéticas, el uso de la energía eólica y la solar, permitiendo desarrollo social y ambiental teniendo en cuenta las variables climáticas de la región”.

Es así como según (Rodríguez & Sarmiento, 2010) “la energía solar como fuente inagotable es un desafío para la ingeniería; al captarla para fines de transformación busca elevar la calidad de vida para los habitantes citadinos y rurales, dejando un ambiente más amigable para las futuras generaciones”.

3.1.2. Situación Energética.

De acuerdo a Pérez y Farah (2002) como se cita en (Ladino, 2011), “el porcentaje de población rural que no es atendida con energía es cercana al 56%, lo cual repercute en la desigualdad de lo urbano y lo rural”.

Es así como "Los sistemas de energía solar fotovoltaica, además de la energía eólica y otras aplicaciones de energía renovable, son la única solución técnicamente viable para suministrar la energía necesaria a las comunidades rurales aisladas" afirma Gustavo Best, Coordinador Principal de Energía de la FAO. "Pequeñas cantidades de energía pueden representar una gran diferencia al mejorar la vida rural, incrementar la productividad agrícola y crear nuevas oportunidades de ganar ingresos" (Ladino, 2011)

Es importante establecer la demanda energética actual en Colombia que según (Gómez-Ramírez, Murcia-Murcia, & Cabeza-Roja, 2017), “para el año 2015 alcanzó un valor pico de 66.174 Gigavatio- hora (GWH), entre los servicios que más demandaron energía fueron los electrodomésticos, sistemas de aire acondicionado y sistemas de transporte de agua”.

Lo anterior evidencia la cantidad de energía requerida a satisfacer, por lo tanto se presenta la necesidad imperiosa de preparar el camino energético debido al acelerado crecimiento poblacional y expansión de terrenos en el sector rural, lo que puntea este tipo de tecnologías fotovoltaica como la alternativa más viable y eficiente para suplir las necesidades energéticas de las Zonas no interconectadas a la red nacional ZNI en el futuro.

3.1.3. Energía Renovable fotovoltaica.

Dentro de todas las fuentes de energía renovable se destaca la energía fotovoltaica, ya que esta se caracteriza por la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas.

La implementación de sistemas fotovoltaicos requieren la radiación solar como materia prima, pues es la fuente que abastece el proceso siendo inagotable, como lo indica Serway (2005) como se cita en (Ladino, 2011) “cada segundo 1.340 julios de radiación electromagnética del sol, pasan perpendicularmente a través de un (1) m² en la parte superior de la atmósfera terrestre; parte de esta se reflejada y la otra llega a la superficie de la tierra”. Si se logra captar esta radiación se puede utilizar eficientemente en tecnologías limpias.

Según (García, 2001) como se cita en (Orellana, 2009), menciona que es “conveniente el desarrollo de las Energías Renovables, como medio principal de generación eléctrica, ya que tienen un impacto ambiental mucho menor que las tecnologías tradicionales”. Una de estas alternativas como se ha mencionado es la energía solar.

“Una ventaja de los Sistemas Fotovoltaicos aislados, es que sólo dependen de la radiación solar como recurso energético, no requieren de combustible como si los híbridos, lo cual representa una solución a problemas de electrificación en las comunidades rurales” (Rodríguez & Sarmiento, 2010).

Además es conveniente resaltar que al implementarse este tipo de tecnologías en el área rural, al mismo tiempo que se beneficia el ambiente, se da lugar a la generación de empleo, pues según (Jimenez, 2014) manifiesta que los “turistas prefieren estar en zonas de relajación y descanso que utilicen las energías limpias, lo que promueve el turismo”.

Así mismo (Ladino, 2011) como se cita en (Gómez-Ramírez, Murcia-Murcia, & Cabeza-Roja, 2017) afirma que “la utilización de la energía solar Fotovoltaica en Colombia es muy usado en el sector rural para el abastecimiento de servicios de electricidad, como iluminación en los hogares y funcionamiento de electrodomésticos”.

3.1.4. Instalaciones fotovoltaicas.

Para convertir la luz solar en energía se requiere de un proceso llamado efecto fotovoltaico. Este es un fenómeno a través del cual la energía solar es convertida en electricidad del tipo directo, sin usar algún proceso intermedio. Para que se realice tal proceso se requiere de un dispositivo fabricado con materiales semiconductores. Los dispositivos, donde se lleva a cabo dicha transformación, se llaman paneles fotovoltaicos y a la unidad mínima en la que se realiza dicho efecto se le conoce como celda solar.

Las instalaciones fotovoltaicas autónomas o aisladas deben proporcionar un servicio de calidad para poder ser consideradas como alternativa a la electrificación por red, en el sentido energético y económico, como lo menciona (Toledo Arias, 2013) los “requisitos de calidad no sólo deben tener como objetivo cubrir el suministro diario de los usuarios, sino también garantizar una larga vida útil del sistema. La sostenibilidad, por tanto, también es un objetivo prioritario en el desarrollo de instalaciones aisladas”.

En cuanto a las tecnologías fotovoltaicas en la actualidad, desde las primeras células solares de los años 50, construidas sobre silicio, se ha continuado investigando y desarrollando nuevos métodos con el objetivo de mejorar las eficiencias de conversión y reducir los costos de fabricación. Esta mejora constante ha permitido el desarrollo, tanto a nivel de laboratorio como comercial, de una variedad de tecnologías fotovoltaicas que actualmente coexisten.

Según (Toledo Arias, 2013), las tecnologías de fabricación de dispositivos fotovoltaicos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

El primero corresponde a aquellas tecnologías ampliamente utilizadas a nivel comercial, fabricadas en silicio cristalino. La segunda generación, aquellas creadas con telururo de cadmio (CdTe), silicio amorfo hidrogenado (a-Si:H), y diseleniuro de cobre-indio-galio (CIGS); y la tercera generación se encuentran en fase de investigación y desarrollo y están basadas en tecnologías avanzadas de lámina delgada como pueden ser células orgánicas.

Así mismo (López & Páez, 2017) afirma que las que demuestran mayor utilización por su eficiencia son las construidas a base de silicio cristalino.

A lo largo del mundo, siguiendo a (Rodríguez & Sarmiento, 2010), los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos son unos de los sistemas energéticos renovables modernos de mayor aplicación para la electrificación rural autónoma a nivel mundial, dado que más de 500.000 hogares rurales cuentan con estos sistemas de electrificación.

3.1.5. Potencial solar.

El país dispone de recursos en prácticamente todas las fuentes renovables (solar, eólica, biomasa, pequeñas centrales, geotermia, etc.) y con potenciales elevados. De acuerdo a (Toledo Arias, 2013) “las regiones costeras tienen el mayor promedio diario del país con una radiación solar de 1980 – 2340 kW/m²/año”. Zonas que se pueden aprovechar para la implementación de proyectos con energía fotovoltaica. Ya en la región andina, según el mismo autor citado anteriormente “tiene una radiación solar de 1080 - 1620 kW/m²/año”. Aunque es un valor menor que el presentado en la costa se puede viabilizar la posibilidad de ejecutar proyectos de esta índole en esta zona del país.

Sin embargo el desarrollo de estas fuentes es limitado en el país. Entre las principales barreras que hasta ahora limitan su desarrollo no solamente tiene que ver según (Toledo Arias, 2013):

Con el elevado costo inicial de las nuevas Tecnologías de Energía Renovables sino además barreras de diversa índole derivadas de un marco legal y regulatorio para la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables muy poco

desarrollado, la fuerte competencia de tecnologías convencionales muy bien establecidas en el Sistema Interconectado Nacional, la falta de conocimiento sobre estas fuentes, una inadecuada evaluación y limitada información sobre el potencial en estos recursos.

Sin embargo, información expuesta sobre la demanda potencial energética para Colombia, de acuerdo a (Gómez-Ramírez, Murcia-Murcia, & Cabeza-Roja, 2017):

En los años 2016 y 2017 se proyectó una demanda potencial de energía eléctrica del orden de 67.476 GWh Y 71.412 GWh, por esta razón, debido a los altos niveles de consumo energético, es que los sistemas Fotovoltaicos en Colombia, pueden ser una opción muy viable para aumentar la capacidad instalada y suplir gran parte de la demanda de energía eléctrica las Zonas no Interconectadas (ZNI), ya que el 32% del territorio nacional carecen de este servicio básico.

3.2. MARCO LEGAL

El sector energético del país está regulado bajo cierta normatividad que en la presente investigación es necesario citar y más aún aquellas que rigen las energías renovables en Colombia.

3.2.1. Constitución política de Colombia 1991.

En su artículo 334 expresa lo siguiente: “El Estado, de manera especial, intervendrá para dar pleno empleo a los recursos humanos y asegurar que todas las personas, en particular las de menores ingresos, tengan acceso efectivo a los bienes y servicios básicos, como también promover la productividad, competitividad y el desarrollo armónico de las regiones”.

3.2.2. Leyes 142 y 143 de 1994.

En el año 1994 se publica la Ley 142 sobre los servicios públicos domiciliarios y la Ley 143 que hace alusión específicamente al servicio eléctrico; en ella se establece su

generación, distribución y comercialización a nivel nacional. En relación a las energías renovables solo el artículo 2 menciona a las fuentes no convencionales dejando las pautas para el desarrollo de éstas al Ministerio de Minas y Energía.

3.2.3. Plan energético Nacional (2003-2020).

Informe desarrollado por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, el cual tiene como objetivo principal “maximizar la contribución del sector energético al desarrollo sostenible del país, realizando una planeación integral de las entidades públicas y privadas apropiadas del sector de la energía.

Como objetivos complementarios se encuentran asegurar la disponibilidad y el pleno abastecimiento de los recursos energéticos para atender la demanda nacional y garantizar la sostenibilidad del sector energético en el largo plazo, Consolidar la energética regional, afianzar esquemas de competencia en los mercados Formación de precios de mercado de los energéticos que aseguren competitividad y Maximizar cobertura con desarrollo local.

Se proyecta favorecer el desarrollo regional y local; igualmente permite visualizar la incorporación de energía a las zonas rurales aisladas y no interconectadas, al igual que nuevas fuentes y tecnologías. Se prevé a largo plazo el cambio tecnológico en la búsqueda de nuevas fuentes como son las energías renovables y el uso racional de la energía, aplicando la ciencia y la tecnología, favoreciendo el medio ambiente y la salud pública.

Las líneas de investigación recomendadas por este Plan Nacional se encuentran: los hidrocarburos, el sector eléctrico, el carbón, el gas, los parques eólicos y geotérmicos, el desarrollo de las celdas fotovoltaicas y la gasificación de la biomasa, para alcanzar este cometido se plantea: articular las políticas energéticas con las comunidades académicas, científicas, con empresas e instituciones; financiar proyectos de investigación; incluir dentro de los contratos del Estado con empresas, cláusulas que impliquen desarrollo energético. En conclusión el informe reconoce a las Energías Renovables, como una alternativa para suplir la necesidad energética rural.

3.2.4. Ley 812 de 2003. Artículo 118.

Con la presente ley se crea un fondo de energía social derivado de las exportaciones de energía eléctrica a los países de la Comunidad Andina; este apoyo económico ayudan a financiar hasta \$40 por kilovatio hora el valor de la energía eléctrica que llega a usuarios de áreas rurales de difícil acceso.

3.2.5. Normas técnicas Colombianas.

- GTC 114. Esta guía tiene en cuenta las características técnicas en la selección, instalación, operación y mantenimiento de la energía fotovoltaica, energía utilizada para la población rural dispersa en Colombia.
- NTC 2775. Energía solar fotovoltaica, términos y definiciones.
- NTC 5287 y 2959. Normas técnicas para las baterías de uso en energía fotovoltaica. Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento fotovoltaico.
- NTC 2883. Energía fotovoltaica. Módulos fotovoltaicos.
- NTC 4405. Evaluación de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos.

3.2.6. Ley 1715 de 2014.

Pese a la gama de normatividad establecida en el país en cuanto al sector energético citada anteriormente, no existía una legislación definida que apuntara a la consolidación e inclusión de las energías alternas en la nación, de esta manera se encontraba un vacío en el marco Legal y Regulatorio para este tipo de energías no convencionales.

En este sentido, el congreso de la republica expide la ley 1715 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, la cual ofrece una visión más clara en cuanto a la utilización de energías limpias.

Como finalidad expuesta en el artículo 2, es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de

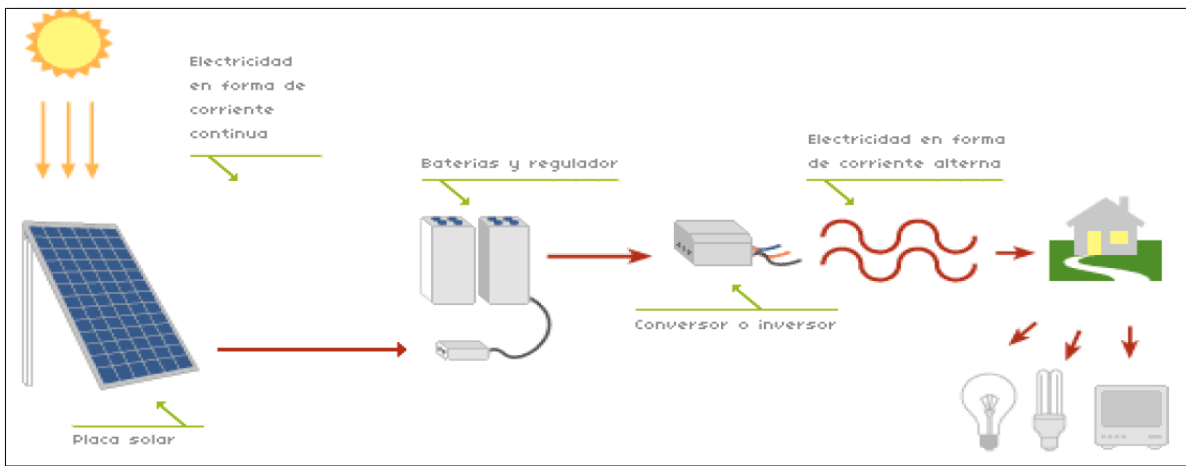
compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través de la aprobación del estatuto de la Agencia Internacional de Energías Renovables (Irena) mediante la Ley 1665 de 2013. (Congreso de la Republica, 2014).

3.3. MARCO CONCEPTUAL

3.3.1. Términos y Componentes de un sistema fotovoltaico aislado.

El diseño de estos sistemas se complementa con unas baterías para almacenar la energía y emplearla cuando sea necesaria. De acuerdo a (Sanjuan Cigales, 2013) “no hay presencia de luminosidad ni en la noche ni en el momento en que las sombras cubren gran parte del generador, sin embargo disponen de elementos de control para trabajar en todo momento”. Sus componentes pueden apreciarse en la Figura 1.

Figura 1 Esquema de funcionamiento de un sistema fotovoltaico aislado.



Fuente: (Sanjuan Cigales, 2013)

Adicional a los descrito anteriormente (López & Páez, 2017) afirman que “el sistema fotovoltaico aislado se usa en áreas donde no se cuenta con la cobertura de la red convencional. Por lo general este sistema es instalado en áreas donde la red convencional queda muy lejana como en algunas zonas rurales”. A continuación se definen aspectos claves en el diseño de un sistema fotovoltaico aislado.

3.3.1.1. Radiación solar.

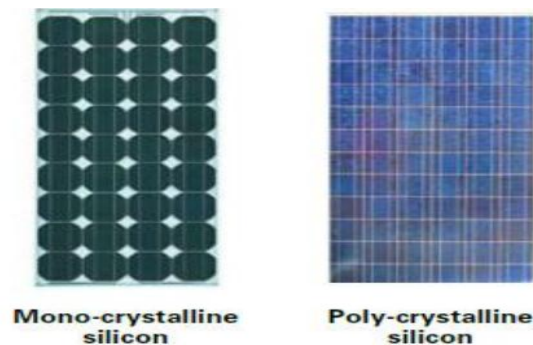
La radiación es la emisión de ondas electromagnéticas que se desplazan desde el sol y que llegan a la superficie terrestre en forma de rayos solares, los cuales tienen diferentes longitudes de onda; de acuerdo con Perales (2006) como se cita en (Ladino, 2011):

La banda radiante visible es del 47% de la radiación total, los infrarrojos el 46% y los ultravioletas el 7%. De estos, los rayos solares que inciden directamente son los aprovechables mediante el brillo solar - número de horas en el cual el sol brilla en una zona determinada- y es medida través de la irradiancia.

3.3.1.2. Celda, Panel o Placa fotovoltaica.

La transformación de la radiación electromagnética en electricidad se logra a través de la celda fotovoltaica que según (Sanjuan Cigales, 2013) “es la unidad mínima y principal de los sistemas de conversión solar-eléctrica, cuyo componente mayoritario es un elemento semiconductor, habitualmente silicio”. Según (López & Páez, 2017) “existen dos tecnologías que son las más comunes usadas para las celdas fotovoltaicas, llamadas, de silicio (Si) cristalino como se aprecia en la figura 2”.

Figura 2. Paneles solares más comunes



Fuente: (López & Páez, 2017)

“La fabricación de células solares desde su inicio se ha dado por medio de materiales semiconductores, los más usados son silicio policristalino, el cual ha dado la mayor eficiencia en cuanto a conversión de la radiación solar en corriente eléctrica” (IDEAM, 2017) como se cita en (López & Páez, 2017)

Los autores (Gómez-Ramírez, Murcia-Murcia, & Cabeza-Roja, 2017) consideran que la tecnología construida a partir de Silicio Policristalino (p-Si):

Presentan un rendimiento del orden del 16 %, el coste de fabricación es inferior al del monocristalino, fabricación sencilla y son modulares (mejor ocupación del espacio), pero son sensibles a impurezas, presentan complejidad al instalar y pueden llegar a ser costosas 2,2 – 2,6 Euros. Es aconsejable utilizar esta tecnología en las Regiones Andina y Orinoquía.

Lo manifestado anteriormente puede ubicar a la presente investigación en pensar en la utilización de este tipo para el sistema fotovoltaico en los dos sitios turísticos.

3.3.1.3. Baterías.

Según (Guasch M, 2003), “tradicionalmente la batería se ha considerado un simple elemento almacenador de energía, pero en sistemas fotovoltaicos autónomos refuerza su protagonismo, siendo el centro del sistema; pues es la responsable de alimentar a las cargas cuando la radiación solar disminuye”.

3.3.1.4. Inversor.

“Dispositivo conocido como conversor en un sistema fotovoltaico aislado, permite convertir un voltaje de flujo de corriente continua (CC) a un voltaje de salida de corriente alterna (CA). Es el responsable de la red y alimenta un conjunto de cargas”. (Calvo, 2009)

3.4. ANTECEDENTES

La energía en Colombia ha tenido su historia a través de los años, estableciéndose diversa literatura al respecto, al igual que trabajos de investigación enfocados en la aplicación de energías renovables como la solar en sistemas fotovoltaicos, es así como se han determinado antecedentes y experiencias en países latinoamericanos entre ellos “Colombia con sistemas solares fotovoltaicos” establecido por la UPME como se cita en (Ladino, 2011). Lo que demuestra que sí puede existir un desarrollo rural alrededor de la energía solar.

Según el mismo autor, menciona que “a nivel fotovoltaico se han realizado estudios sobre celdas solares con el fin de convertir la energía solar en eléctrica y emplear ésta en sistema de bombeo para irrigación, transporte de agua, movimiento de motores para diferentes aplicaciones, iluminación”. Lo cual se podría complementar con alimentación a electrodomésticos básicos en hogares en zonas rurales alejadas donde la energía eléctrica convencional no ha podido establecerse. Así como lo expresa (Ladino, 2011) “estas aplicaciones han sido dirigidas especialmente a zonas no-interconectadas, pero también a zonas interconectadas rurales que a largo plazo pueden resultar beneficiadas, debido a los incrementos de las tarifas de electrificación”.

Los autores (Gómez-Ramírez, Murcia-Murcia, & Cabeza-Roja, 2017) realizan un recuento a través del tiempo de proyectos puestos en marcha y en especial de la tecnología fotovoltaica en el país:

Entre los años 1985 y 1994, se importaron 48.499 módulos solares para una potencia de 2,05 MWp. De los cuales, se utilizaron 20.829 para telecomunicaciones rurales, logrando una potencia de 935,5 kWp. Y otros 20.829 se utilizaron en electrificación rural, logrando una potencia alrededor de 953,5 kWp. También se realizó un estudio de funcionamiento de los mismos, sobre una muestra de 248 sistemas, donde el 56% funcionaban sin problemas, el 37% funcionaban con algunos problemas y el restante 7% estaban fuera de servicio.

Lo anterior evidencia la realización de proyectos de esta índole desde ya varios años, en la actualidad también se han implementado pero no se han recopilado en una buena fuente para referenciar, es así como la energía solar se ve como posible solución energética en sistemas fotovoltaicos para el área rural colombiana.

En zonas rurales colombianas, como es el caso de la vereda Carrizal en Sutamarchán Boyacá, Según Pinto (2004) como se cita en (Ladino, 2011) expone una investigación con este tipo de energías como potencial de uso en una comunidad colombiana, permitiendo un

desarrollo rural en la parte social, ambiental y técnica, teniendo en cuenta las variables climáticas de la región.

Por esta misma línea pero no con los mismos resultados de otros proyectos ya mencionados anteriormente, la Universidad Nacional de Medellín a través del grupo de investigación, liderado por (Franco, Dyner, & Hoyos, 2008), estudia la energía del sector rural para zonas que no se encuentran en el anillo nacional de energía, usando los medios de vida sostenible de las comunidades:

Este estudio fue realizado en Jambaló departamento de Cauca, en el que se concluye que, aunque la energización con energía fotovoltaica en las comunidades rurales permite mejorar las condiciones de vida, es limpio para el medio ambiente. En este caso no llena las expectativas de la comunidad que requiere energía eléctrica doce horas al día, debido a su alto costo (4000 dólares por 1 kW de energía fotovoltaica instalado); por lo tanto se aconseja realizar el tendido de red eléctrica convencional.

Retomando un trabajo realizado por la FAO, como se cita en (Ladino, 2011) liderado por Gustavo Best, Coordinador Principal de Energía de la misma entidad, sobre resultados de diferentes encuestas aplicadas en varias zonas rurales latinoamericanas, para entender las proyecciones y bondades de la Energía Fotovoltaica en estos sectores, llegaron a la conclusión “de que los Sistemas Fotovoltaico Domésticos (SFD) son la aplicación predominante de la energía Fotovoltaica en las zonas rurales de los países, y se emplea sobre todo para iluminación, radio y televisión en los hogares”.

Recopilando conclusiones de trabajos relacionados a esta tecnología en zonas rurales como medio de electrificación alternativa, la mayoría coinciden en que los sistemas Fotovoltaicos pueden influir positivamente en la vida de los habitantes de las zonas rurales, siempre que se tenga cuidado de hacerlos llegar hasta los grupos más marginados.

Finalmente (Ladino, 2011) afirma que “el suministro de servicios sociales, domésticos y comunales que pueden desarrollarse a través de este tipo de energía, puede poner en marcha la generación de actividades que disminuyan la pobreza rural”.

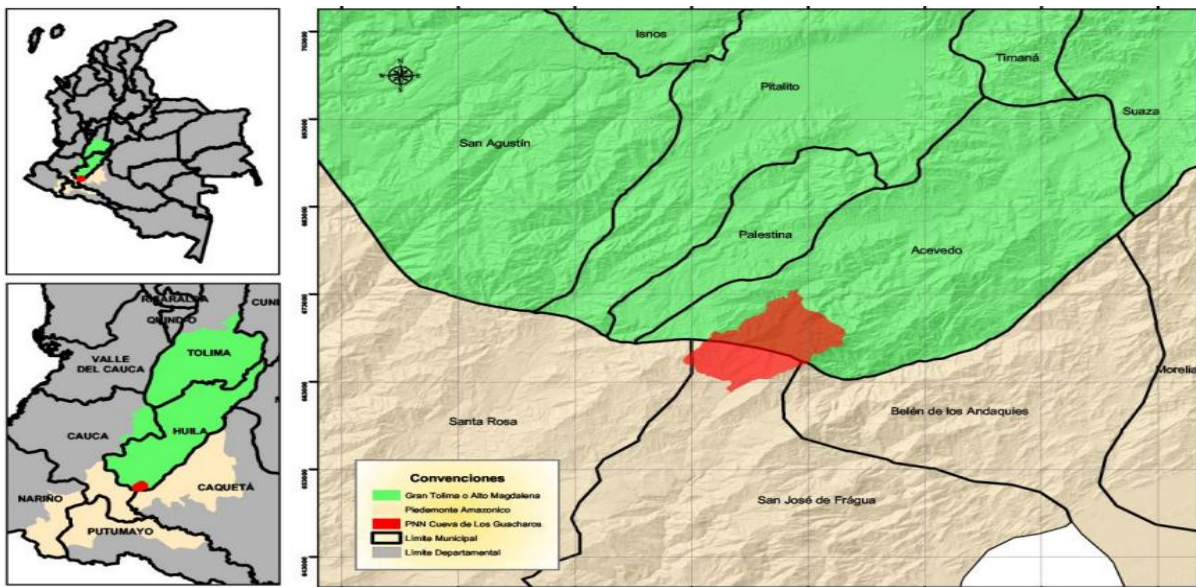
3.5. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.5.1. Parque Nacional Natural PNN Cueva de los Guácharos

3.5.1.1. Generalidades.

La siguiente información es tomada del Plan de Manejo del PNN Cueva de los Guácharos 2018-2023. El Parque Nacional Natural Cueva de Los Guácharos está ubicado en la República de Colombia, ocupa una extensión de 7.435 Ha, distribuidas en los municipios de Acevedo, departamento del Huila 5.142,27 Ha y San José del Fragua, departamento de Caquetá 2.292,73 Ha, en un rango altitudinal que va desde los 16100 a los 2840 msnm. Ver Figura 3.

Figura 3. Ubicación geográfica del PNN Cueva de los Guácharos.



Fuente: (Unidad Administrativa Especial del Sistema de PNN, 2005-2009)

Según el plan de manejo del parque de 1998 como se cita en (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018), se caracteriza por:

Presentar piso térmico frío, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 18° C, en la mayoría del área. Una mínima parte del área núcleo, correspondiente al sector entre la entrada al Parque y el sector Cedros, en donde se encuentran la cabaña de control y el centro de visitantes, se caracteriza por el piso térmico templado, con

temperaturas entre los 18 y 24° C, una precipitación media anual de 3100 mm, y brillo solar promedio de 1200 horas. El Parque y su zona aledaña están influenciados por la alta montaña y dos fenómenos climáticos de gran importancia como son la neblina, que incide en diversas formas y los fuertes vientos que barren las partes altas.

Se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: al norte en la confluencia del río Suaza y la quebrada Cascajosa 1° 38' 36,3807" N - 76° 05' 53,1951" W; al suroriente en Cerro Punta 1° 35' 2,6909"N- 76° 03' 54,5338"W; al sur en el nacimiento del Caño Agachado 1° 32' 13,0593"N- 76° 08' 54,2493"W y al suroccidente en el nacimiento de la quebrada Fraguosa 1° 33' 56,9714"N- 76° 11' 22,8740"W.

3.5.1.2. Importancia Ambiental.

El PNN Cueva de los Guácharos fue declarado en 1979 como Reserva de la Biosfera con el nombre Constelación del Cinturón Andino que integra los PNN: Puracé, Nevado del Huila y Cueva de los Guácharos, el parque es adscrito a la Territorial Andes Occidentales del Sistema de Parques Nacionales Naturales, se ubican dentro de las siguientes regiones Nariñense o Río Patía, Alto Cauca, Piedemonte Amazónico, Tolima Grande o Alto Magdalena y Valle Geográfico del Cauca, Eje Cafetero y Pacífico; de las cuales la cueva de los Guácharos ocupa un 72% del Alto Magdalena y un 28% en el piedemonte Amazónico.

A nivel regional tiene gran importancia como proveedor de bienes y servicios ambientales y como polo de desarrollo sostenible en lo que tiene que ver con el ecoturismo, la investigación científica, la educación ambiental y el desarrollo humano sostenible. Esta región tiene gran importancia para la autorregulación ecológica del Guácharo (*Steatornis caripensis*), especie emblemática y valor objeto de conservación del Parque, debido a que el componente más importante de su dieta alimenticia, que es el fruto de la Palma de Seje o Milpes (*Jessenia polycarpa*), crece en esta región, hasta los 900 msnm.

El Parque se ha convertido en eje del ordenamiento ambiental del territorio, ya que buscando su ampliación se originaron los PNN Alto Fragua Indi wassi y Serranía de los Chumbelos Auka Wassi, el PNR Corredor Biológico Guácharos-Puracé y los Parque Nacional Municipal Andaki, Río Guarapas, La Correntosa y Pitalito, áreas con las que está

unido física y funcionalmente, forma un conjunto de alta biodiversidad, enorme riqueza hídrica, gran riqueza cultural y refugio para aves migratorias, y en el cual se encuentran ecosistemas de transición andino-amazónicos de gran valor conservacionista y ecoturístico.

3.5.1.3. Ecoturismo en el PNN Cueva de los Guácharos.

Por otro lado, el turismo hacia las represas de Betania y el Quimbo, los termales de Rivera, el Parque Arqueológico de San Agustín y el PNN Cueva de los Guácharos, genera una dinámica económica y socio ambiental importante. Sin embargo este último no mueve la misma cantidad de visitantes que los anteriores.

De acuerdo a (Gonzalez, Molina, & Cardenas, 2018) durante el año 2017 en el mes de marzo:

El ingreso de 67 personas como visitantes al PNN Cueva de los Guácharos disminuyó el -62.69% respecto al mismo mes del año 2016, esto significa que dejaron de ingresar 42 visitantes. De 25 visitantes que ingresaron en el presente año, el 56 % es estudiante, 32% viajero nacional, 4% viajero internacional y el 8% nativo. Al ser un atractivo de turismo de naturaleza y de investigación, es razón por la cual el viajero más frecuente son los estudiantes, especialmente de universidades a nivel nacional, sin embargo para esta temporada la baja se notó en todo el Departamento.

A diferencia de Guácharos, en el boletín estadístico de turismo en el Huila, según (Gonzalez, Molina, & Cardenas, 2018) manifiestan que “el Parque Arqueológico de San Agustín movió para el mismo mes del año 2017, un volumen de 5.271 visitantes, de los cuales el 36 % es viajero internacional, 20 % viajero nacional, 27% nativo, y 17% estudiantes”.

En este orden de ideas los autores (Rodriguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018) llegan a la conclusión que aunque “el parque Cueva de los Guácharos genera recursos ecoturísticos, no son suficientes para su autosostenibilidad, debido a los problemas de orden público, a las difíciles condiciones de acceso y a la insuficiente divulgación de sus valores y activos”.

3.5.1.4. Situación Energética en el PNN.

El sistema eléctrico del departamento del Huila se encuentra dividido en dos subsistemas, según (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018):

El sector sur, con enormes dificultades, se alimenta exclusivamente de la línea de 115 KW Betania - Hobo - Altamira que atiende al 35 % de la población total del departamento (325.698 habitantes) y al 55% del total de la población de los departamentos de Huila y Caquetá. Esta línea, construida en 1973, cumplió su vida útil, sin embargo, su servicio opera actualmente a la máxima capacidad, pero presenta fallas mecánicas que generan cortes del servicio y altos costos de mantenimiento, afectando especialmente a los sectores comercial e industrial del Departamento. Se estiman las pérdidas de energía en el 32%, a causa del mal estado de las redes.

El departamento del Huila, según estimativos del Diagnóstico del Plan de Desarrollo 2004 - 2007, citado en el mismo plan de manejo, tiene una cobertura energética aproximada del 99% en el sector urbano y un 89% de cubrimiento en el sector rural. El citado Plan proyecta que el servicio de energía eléctrica ofrezca la calidad requerida para el desarrollo económico y social del Huila y la ampliación de coberturas en las áreas rurales. Sin embargo aún existen zonas alejadas que no cuentan con el servicio de electricidad como es el caso de instalaciones en la cueva de los Guácharos de la cabaña de control para operarios y centro de visitantes Andaqui.

Como evento futuro en el plan de manejo del PNN Cueva de los Guácharos de la (Unidad Administrativa Especial del Sistema de PNN, 2005-2009) “se formuló la continuación de macroproyectos que lleven a disminuir la presión sobre los recursos naturales del parque y el uso sostenible de la biodiversidad”.

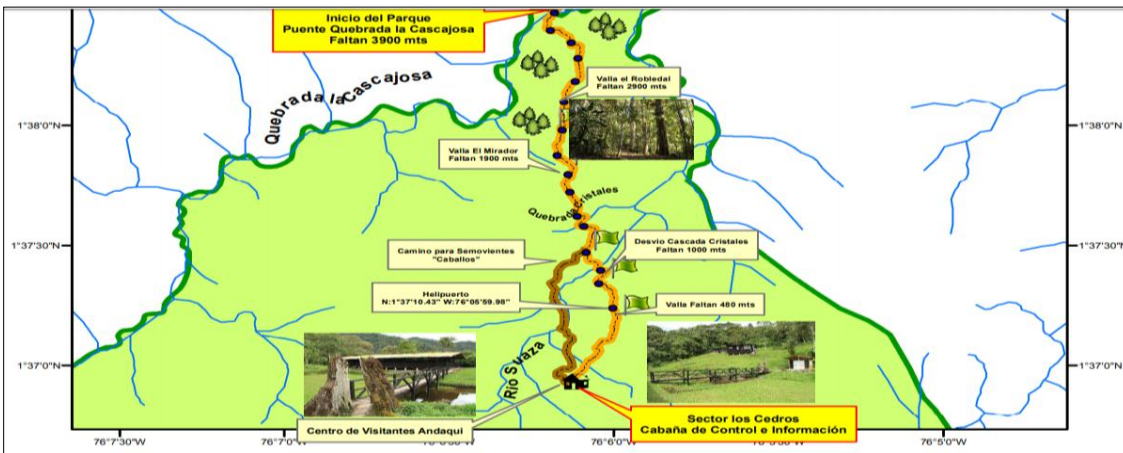
Dentro de estos macroproyectos se encuentran: Realizar el segundo circuito Línea Betania -Hobo- Altamira a 115 KW, Ampliación de los módulos de subestación, construcción de línea de 34,5 KW cruce Rivera - Rivera y construcción subestación, Edificación de la línea de 34,5 KW. Guásimos - Santa María, obra subestación Santa María y ampliación subestación Palermo, Operación de la central hidroeléctrica del Quimbo.

Aunque algunos de estos proyectos mencionados anteriormente se están ejecutando actualmente, no abastece con la energía convencional a la zona presente de estudio hasta el momento, pues según (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018):

La cuenca alta del río Magdalena donde se encuentra el parque, produce agua para consumo humano, recreación, riego y producción de energía eléctrica, a través de una central hidroeléctrica Turbina Pelton que genera 4,5 KW, la cual es utilizada para el alumbrado y la operación de equipos y elementos eléctricos en el sector Cedros”.

Es así como en el centro de visitantes Andaqui ubicado en este sector, cuenta con alojamiento en acomodación compartida, servicios sanitarios y aula ambiental, con servicios de agua, alcantarillado y energía eléctrica pero limitada a cuatro horas especialmente en la noche. En el siguiente mapa se puede apreciar el recorrido de una parte del parque incluyendo la cabaña de control y el centro de visitantes Andaqui. Ver Figura 4.

Figura 4. Recorrido parte del PNN Cueva de los Guácharos



Fuente: https://storage.googleapis.com/pnnweb/uploads/2013/07/Acceso_Parque.pdf

3.5.2. Parque Alto de los Ídolos

3.5.2.1. Generalidades.

El Parque Arqueológico Alto de los Ídolos, es el segundo centro ceremonial más importante del circuito arqueológico, localizado a 5 Kilómetros del centro urbano de San José de Isnos, directamente al norte y nororiente de San Agustín en el departamento de

Huila, con coordenadas 01° 55' 04" Latitud Norte y 76° 14' 39" Longitud Oeste (datum Observatorio de Bogotá). De acuerdo al DANE como se cita en (Figuroa, 2018):

El municipio de Isnos Cubre un área de 697 km², pasó de una población de 17,699 en 1993 a 24,257 habitantes estimados para 2007, 6,500 de los cuales (27%) vive en la cabecera municipal. Tiene, como San Agustín, alto porcentaje de población por debajo de la línea de pobreza y altos niveles de desplazamiento a causa de la violencia.

“El Instituto Colombiano de Antropología, hoy ICANH, es la entidad que desde entonces tiene a su cargo el manejo, estudio y protección del patrimonio arqueológico colombiano.” (Gonzalez V. , 2008). La Ubicación del Parque Arqueológico Alto de los Ídolos, Ver Figura 5, Fuente: Google Earth Pro y (Gonzalez V. , 2008)

Figura 5. Ubicación del Parque Arqueológico Alto de los Ídolos



3.5.2.2. Importancia cultural y ambiental.

De acuerdo a (Rodriguez M. , 2007) los parques arqueológicos de San Agustín y Alto de los Ídolos fueron:

Seleccionados en 1995 por su singularidad, representatividad e importancia en el contexto del norte de Suramérica, representan una interesante conjunción de

elementos naturales y culturales, que ponen en primer orden la necesidad de entender el valor patrimonial desde una perspectiva amplia que no solo se enfoque a los conjuntos monumentales construidos.

Es decir no solo darle al territorio el valor arqueológico e histórico que ya tiene, sino además la importancia en cuanto a riqueza biológica, paisajística y ecosistémica.

3.5.2.3. Turismo Parque Alto de los Ídolos.

El turismo es una actividad que Colombia ha aprovechado para la generación de ingresos, gracias a sus activos naturales y culturales. El termino es definido por Burkart y Medlik (1981) como se cita en (Tovar, 2018) es el “proceso de desplazamientos cortos y temporales de la gente hacia destinos fuera del lugar de residencia y de trabajo, y las actividades emprendidas durante la estancia en esos destinos. Es así como Colombia es un centro turístico a nivel internacional”.

En el Huila, en la gran mayoría de los municipios existen muchos lugares hermosos y de gran importancia, que se convierten en atractivo para nativos, estudiantes y extranjeros, objetos de entretenimiento, diversión, investigación, relajación entre otros. El Parque Arqueológico Alto de los Ídolos, siguiendo a (Rodriguez M. , 2007) “se consolido en los años 70, como parques con una función turística, gracias a las investigaciones realizadas durante esta época y el apoyo de entidades nacionales, como la Corporación de Turismo”.

Otra de las actividades importantes en la zona de influencia de los parques, es la permanecía de turistas. En las zonas de influencia al parque de San Agustín, existe gran movimiento de visitantes, mientras que en el Alto de los Ídolos, no se ha desarrollado aún esta actividad debido a que los turistas que van a esta zona toman como lugar de estadía el pueblo de San Agustín y de allí se desplazan a los diferentes sitios arqueológicos que están más distantes, como lo afirma (Rodriguez N. , 2007) “en estos lugares se adecuaron los sitios arqueológicos para la exhibición pública, sin embargo, las instalaciones de acogida de público en el parque alto de los ídolos son insuficientes y el acceso a él es complicado”.

Por esta razón mencionada anteriormente, el parque no es un destino turístico de gran acogida como lo es el parque arqueológico de San Agustín, aunque a nivel territorial se encuentran muy cerca. De acuerdo al boletín estadístico de turismo liderado por (Gonzalez,

Molina, & Cardenas, 2018) durante el mes de marzo del año 2017, el ingreso de visitantes al Parque Alto de Los Ídolos:

Tuvo una caída del -59,65% respecto al mismo mes del año 2016, esto significa que dejaron de ingresar 2.745 visitantes. De 1.857 visitantes que ingresaron en el presenta año, el 54 % es viajero internacional, 29% viajero nacional y el 17% nativo. Los principales orígenes de llegada de viajeros internacionales para el mes de marzo fueron Francia 27%, Alemania 22%, Italia 12%.

3.5.2.4. Situación Energética.

Con base al informe de gestión 2015 por parte de la empresa generadora de la energía convencional (Electrificadora del Huila S.A E.S.P, 2015) “el municipio de Isnos donde se encuentra el parque alto de los ídolos se abastece energéticamente de la Subestación San José De Isnos – 34,5/13,8 Kv”, sin embargo según (Rodriguez J, 2007) “en la zona de influencia de Isnos, existe también una necesidad de extender las redes de Electrificación pues aún existen familias que carecen del servicio”.

4. METODOLOGÍA

4.1. ENFOQUE DE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se caracteriza por llevar a cabo una investigación aplicada, cuenta con una parte cualitativa y otra cuantitativa. La primera direccionada a obtener información pertinente del contexto energético, ambiental y de mercado de las zonas objeto de investigación, y la segunda guiada al procesamiento o análisis de datos de forma numérica para determinar el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.

4.1.1 Técnica de Investigación e instrumentos.

Se propone un tipo de investigación aplicada, que de acuerdo a (Lozada, 2014) busca la:

Generación de conocimiento con atención directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el

producto. Es así como se adquirió información primaria y secundaria de diversas fuentes para luego analizarla e interpretarla dando conclusiones finales.

4.1.1.1. Fuente de Información primaria.

Como fuentes de primera se obtuvieron los registros históricos (2008-2018) de radiación solar en las estaciones meteorológicas; Guácharos código (21015070) ubicada cerca al PNN Cueva de los Guácharos y purace código (21015050) ubicada en puerto Quinchana, la más cercana al Parque Alto de los Ídolos en San José de Isnos. Al igual que encuestas realizadas a operarios y turistas de estas zonas, finalmente información importante otorgada por la Electrificadora del Huila y la Cámara de Comercio.

4.1.1.2. Fuente de Información Secundaria.

Se utilizaron bases de datos consultadas vía internet principalmente, tales como; artículos científicos de revistas, boletines, informes, documentos sitios web, planes de manejo de cada uno de los parques objeto de investigación y el software MatLab Simulink con el cual se diseña y simula el sistema fotovoltaico.

4.1.2 Población.

El presente estudio tuvo como población a los operadores, funcionarios, administradores y turistas en cada uno de los parques objeto de investigación. Con el fin de hallar la demanda focalizada del sistema fotovoltaico se requirió aplicar una encuesta, para ello no se seleccionó una muestra representativa debido a que no se tiene un volumen aproximado de visitantes pues este fluctúa constantemente, de esta forma se trabajó con la cantidad de visitantes durante tres meses seleccionados aleatoriamente, estableciendo equidad de evidencia entre los dos parques.

4.2 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

Se plantea una investigación enfocada al cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos ya trazados, definida en etapas así:

El estudio recopiló la información conforme a los objetivos propuestos, la organizó para procesarla, analizarla, interpretarla de manera reflexiva a través de cálculos, aplicación de

ecuaciones, tablas, gráficos, lo cual se realizó de manera reflexiva siguiendo la metodología trazada, usando el software Microsoft Excel.

A la población objeto de estudio se le aplicó un total de encuestas en cada parque distribuidas aleatoriamente entre funcionarios, administradores, turistas (extranjeros, nativos).

4.2.1 Procedimiento para hallar Demanda Energética

Para calcular el consumo energético, se realizó solicitud de información a la electrificadora del Huila, sobre consumos de potencia nominal de electrodomésticos básicos usados en la zona en watt/h y su tiempo de utilización promedio en hora/día.

Con el fin de diligenciar datos de tipo de electrodoméstico, cantidad de ellos, potencia nominal, total de potencia nominal, % de utilización, tiempo de utilización y por último la demanda energética en unidades de W*h/día, que es lo que se requiere para este apartado.

4.2.2 Procesamiento de datos meteorológicos

Se realizó solicitud al Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM sobre variables de radiación solar y temperatura entre los periodos 2008- 2018 (10 años exactamente) de dos estaciones: Guácharos código (21015070) y Purace código (21015050) más cercanas a cada uno de los parques, luego se procede a dar tratamiento a los valores en el software Microsoft Excel.

4.2.3 Procedimiento para el dimensionado y simulación del sistema Fotovoltaico.

Las ecuaciones citadas a continuación fueron tomadas de (Mendez & Cuervo, 2007), las cuales fueron utilizadas para dimensionar el sistema.

➤ Radiación media diaria en kWh/m²día

Para calcularla se utilizó la siguiente ecuación

$$R_{\beta} = R_0 \cdot k_{\beta} \text{ Ecuación 1 Donde,}$$

β = ángulo de inclinación del panel fotovoltaico respecto a la horizontal.

R_0 = Valor medio mensual de la radiación diaria sobre la superficie horizontal en, kWh/m²día.

R_{β} = Valor medio mensual de la radiación diaria sobre el panel fotovoltaico con un ángulo de inclinación en β , kWh/m²día.

k_{β} = Coeficiente corrector en función del ángulo de inclinación β

Para hallar la inclinación del ángulo se extraen los valores para 10° de la tabla 1, que de acuerdo a (Sanchez, Energia Solar Fotovoltaica, 2011) afirma que para una utilización uniforme a lo largo de todo el año del panel se debe dejar un ángulo de inclinación de 10° mayor que la latitud.

Tabla 1. Coeficientes k de corrección para latitud= 1°

| COEFICIENTES K DE CORRECCION PARA LATITUD= 1° | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| LATITUD= 1° | | | | | | | | | | | | |
| INCLINACIO | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 1,02 | 1,01 | 1 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 1 | 1,01 | 1,02 | 1,03 |
| 10 | 1,03 | 1,02 | 0,99 | 0,96 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,96 | 0,99 | 1,02 | 1,04 | 1,04 |
| 15 | 1,04 | 1,01 | 0,97 | 0,93 | 0,89 | 0,87 | 0,88 | 0,92 | 0,97 | 1,02 | 1,05 | 1,06 |
| 20 | 1,04 | 1,01 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,81 | 0,83 | 0,88 | 0,95 | 1,01 | 1,05 | 1,06 |

Fuente: (IDAE, 2002)

De acuerdo al instituto para la diversificación y ahorro de energía (IDAE, 2002) en su publicación PET-REV octubre 2002. “La tabla 1 proporciona los coeficientes k correctores en función del ángulo de inclinación que representa el cociente entre la energía incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el Ecuador e inclinada en un determinado ángulo, y otra horizontal”.

➤ Horas Pico Solar HPS.

La hora pico solar es la unidad que define el tiempo en horas de una radiación solar.

$$HPS_{\beta} = \frac{R_{\beta}}{I_{\beta(CEM)}} \text{ Ecuación 2 Donde;}$$

HPS_{β} = Horas de pico solar para una inclinación β

R_{β} = Radiación media diaria en kWh/ m² día para una inclinación β

$I_{\beta(CEM)}$ = Potencia de radiación incidente en kW/ m² (para las condiciones estándar de medida, CEM, su valor es 1 kW/ m²).

➤ Selección de los paneles solares a utilizar

Los criterios de selección del panel de acuerdo a la teoría expuesta, corresponde a un panel policristalino pues presenta mayor eficiencia y un menor costo, que uno monocristalino.

➤ Rendimiento Energético de la Instalación (PR)

Para Calcular el rendimiento fue necesario tener en cuenta las pérdidas que influyen en la eficiencia energética de los paneles. De acuerdo a los autores (Mendez & Cuervo, 2007) en el libro Energía Solar Fotovoltaica contemplan la siguiente ecuación para hallar el factor de pérdidas llamado PR (%)

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp).B.C.D.E.F \text{ Ecuación 3}$$

- ✓ Calculo de A, fue necesario basarse en los valores de la tabla 2. Descripción y Valor tomado para la Instalación.

$$A = (A1 + A2 + A3 + A4)$$

Tabla 2. Descripción y Valor tomado para la Instalación

| A | Descripción y Valor tomado para la Instalación |
|----------------|--|
| A ₁ | Los paneles no operan generalmente en condiciones constantes o estándar, esta variable se refiere a la dispersión de parámetros entre los módulos. Corresponde a un rango de 10% para dispersión elevada, 5% es un valor adecuado y menores a 5% un campo solar bueno. Por lo tanto se utilizó 5% |
| A ₂ | Debido a la posibilidad de presencia de polvo o suciedad sobre los paneles. En este aspecto influye la proximidad a vías sin pavimentar y la polución influyente en este coeficiente. El rango seria 1% si es una zona poco afectada por polvo y suciedad, hasta 8% donde es mayor la afectación. Debido a la ubicación de los parques en zonas rurales sus vías son terciarias por lo tanto se utilizó 4% |
| A ₃ | Perdidas por reflectancia angular y espectral, en este caso influye si las células tiene capas antirreflexivas presentan mayores pérdidas que las texturizadas. Rango entre 3% y 6%. Se utilizó 3% |

| A | Descripción y Valor tomado para la Instalación |
|----------------|--|
| A ₄ | Corresponde al factor de sombras (FS), con un rango entre 1% valor por mínima presencia de estas, y 10% por mayores repercusiones sobre la instalación. Se ubicaría en lugares despejados por lo tanto fue de 4% |

Fuente: Adaptada de (Mendez & Cuervo, 2007)

- ✓ Cálculo de Ptemp: Corresponde a las pérdidas medias anuales por la temperatura que inciden en los paneles solares fotovoltaicos, se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_{temp}(\%) = 100[0,0035 \cdot (T_c - 25)] \text{ Ecuación 4}$$

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) \frac{E}{800} \text{ Donde,}$$

T_{amb} = Temperatura ambiente promedio °C.

$TONC$ = Temperatura de operación nominal de la célula

E = Radiación 1000 W/m²

- ✓ Cálculo de B: Representa lo relacionado con las pérdidas por cableado de la corriente continua PC_{cc}, correspondiente entre el panel y el inversor, incluyendo pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, etc.

$$B = 100\% - PC_{cc} \text{ Ecuación 5}$$

- ✓ Cálculo de C: Representa lo relacionado con las pérdidas por cableado de la corriente alterna PC_{ca}, la cual se presenta luego del inversor.

$$C = 100\% - PC_{ca} \text{ Ecuación 6}$$

- ✓ Cálculo de D: Está relacionado con pérdidas por disponibilidad de la instalación PDI, en caso de paro en el funcionamiento parcial o total por fallos de red, mantenimiento, entre otros. Se recomienda un valor del 5% para PDI, según él (IDAE, 2009).

$$D = 100\% - PDI \text{ Ecuación 7}$$

- ✓ Cálculo de E: Es la eficiencia del inversor, atiende a valores de rendimiento y potencia de este a utilizar.

- ✓ Calculo de F: Pérdidas por no seguimiento del punto de máxima potencia PMP, puede estar entre el 5% y el 10%, teniendo como referencia un 8%. De acuerdo a (IDAE, 2009)

$$F = 100\% - \text{PMP Ecuación 8}$$

- Calculo de la potencia pico del generador.

$$P_{pgenerador} = \frac{Ed}{PR \cdot HPS_{\beta}} \text{ Ecuación 9}$$

Donde;

$P_{pgenerador}$ = Potencia pico del generador en condiciones estándar de medida (CEM)

$PR(\text{Decimal})$ = Rendimiento medio del panel fotovoltaico

HPS_{β} = Horas de pico solar para un ángulo de inclinación β .

Ed = Energía media diaria consumida, en kWh/día.

- Calculo del número de paneles

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \text{Parte entera} \left(\frac{P_{pgenerador}}{P_{pPanel}} \right) + 1 \text{ Ecuación 10}$$

Donde;

$P_{pgenerador}$ = Potencia pico del campo de paneles fotovoltaico.

P_{ppanel} = Potencia pico del panel fotovoltaico en kW (en CEM), según datos que proporciona el fabricante.

- Calculo de paneles en serie que constituyen cada rama del generador

$$N^{\circ} P_S = \left(\frac{V_n}{V_{npanel}} \right) \text{ Ecuación 11}$$

Donde;

$N^{\circ} p_s$ = Numero de paneles en serie que conforman cada rama

V_n = tensión nominal de la instalación, en voltios (V).

V_{npanel} = tensión nominal de los paneles, en voltios (V)

De acuerdo a (Casa & Barrio, 2012) para elegir la tensión se ha de mirar la potencia del campo solar. Ver (tabla 3).

Tabla 3.Referencias de Elección Tensión Nominal de la Instalación

| Rangos de Potencia | Tensión Nominal |
|--------------------------------|-----------------|
| Potencia < 800 Wp | 12 V |
| 800 Wp < Potencia < 1.600 Wp | 24 V |
| 1.600 Wp < Potencia < 3.200 Wp | 48V |
| 3.200 Wp < Potencia < 6.400 Wp | >48V |

- Cálculo de número de ramas de paneles en serie

$$N^{\circ} r_{FV} = \left(\frac{N^{\circ} \text{ paneles}}{N^{\circ} p_s} \right) \text{Ecuación 12}$$

Donde;

$N^{\circ} r_{FV}$ = número de ramas que componen el campo generador fotovoltaico.

N° de paneles= número de paneles total

$N^{\circ} p_s$ = número de paneles en serie que componen cada rama.

- Para el dimensionamiento del sistema de baterías, se debe calcular la capacidad nominal del campo de baterías.

$$C_n = \left(\frac{1.1 (Ed \frac{wh}{dia}) \cdot (A)}{V_n \cdot PD_{max}} \right) \text{Ecuación 13}$$

Donde;

C_n = Capacidad Nominal del campo de baterías, en Ah.

Ed = energía media diaria consumida

A = días de autonomía.

V_n = tensión nominal de la instalación.

PD_{max} = Profundidad de descarga máxima permitida

1.1= Factor de seguridad por suciedad y la variación de la eficiencia del panel con el espectro solar.

Según (Casa & Barrio, 2012) se utilizan 6 días en zonas de baja irradiación y días nublados, en cuanto a la profundidad de descarga, en instalaciones con pocas descargas profundas se recomienda una profundidad de descarga del 80%. En las que sí las hay, como alumbrado público, la máxima será del 60% con el fin de conseguir una batería de mayor duración.

- Para evitar que las corrientes de carga resulten excesivamente bajas para el tipo de baterías escogidas, es necesario limitar la capacidad del sistema acumulador. Se calcula el intervalo de la siguiente manera.

$$\left(\frac{1,1 \cdot Ed \cdot A}{V_n \cdot PD_{max}} \right) \leq C_n \leq 25 \cdot ICC_{generador}$$

Donde;

ICC = corriente de corto circuito

$$ICC_{generador} = ICC_{panel} \cdot N^{\circ} r_{FV} \text{ Ecuación 14}$$

- Calculo del número de baterías

$$N^{\circ} \text{ Baterias} = \frac{C_n}{C_{20}} \text{ Ecuación 15}$$

Donde C_{20} = Es la capacidad de descarga en 20 horas

La utilización de C_{20} en lugar de la C_{100} lleva a sobredimensionar el acumulador un 25%, pero se compensa con la pérdida de capacidad con el tiempo. Es lo recomendado por el IDAE, citado en (Casa & Barrio, 2012).

- Calculo del número de baterías en serie por grupo

$$N^{\circ} \text{ Baterias por grupo} = \frac{V_n}{V_{nbateria}} \text{ Ecuación 16}$$

Donde;

V_n = tensión nominal de la instalación, en V.

$V_{nbateria}$ = Tensión nominal de las baterías, en V.

- Cálculo de número de grupos de baterías

$$N^{\circ} \text{ Grupos} = \frac{N^{\circ} \text{ baterías}}{N^{\circ} \text{ de baterías por grupo}} \text{ Ecuación 17}$$

- Dimensionamiento del regulador

El tipo de regulador necesario queda determinado por la potencia máxima del campo de módulos. Por lo tanto el regulador seleccionado debe cumplir esta condición.

$$I_{\max} \text{ del regulador} > \text{Intensidad máxima del campo del módulo}$$

Para hallar la intensidad Máxima del campo del módulo se utilizó la siguiente ecuación:

$$I. \text{ max Campo} = \frac{\text{Potencia} \cdot N^{\circ} \text{ de Paneles}}{\text{Tension del sistema}} \text{ Ecuación 18}$$

- Dimensionamiento del Inversor

Para determinar la potencia nominal del inversor se tiene en cuenta lo siguiente:

Suma de la potencia nominal de todos los elementos de consumo $\times 0.75 > P_{\text{Inversor}} >$
suma de la potencia nominal de todos los elementos de consumo $\times 0.5$

- Simulación del sistema fotovoltaico

Se propuso un modelado del sistema fotovoltaico para conocer el comportamiento de este en los días promedio de incremento y descenso de la irradiancia, esto se realizara a través del software Simulink de MatLab.

4.2.4 Caracterización de mercado objetivo

Teniendo en cuenta que una caracterización de mercado es una investigación para anticipar la respuesta de los clientes potenciales y la competencia ante un producto o servicio concreto, se propusieron los siguientes pasos a analizar sobre el proyecto: Producto y precios, Demanda focalizada, oferta, clientes potenciales, comercialización.

4.2.5 Estimación de los posibles impacto ambientales

Para el desarrollo de esta etapa se estimaron los impactos ambientales más significativos con la posible ejecución del proyecto, se tomaron como referencia los siguientes autores

(Hoyos & Hernandez, 2017) siguiendo estos pasos: Revisión bibliográfica, línea base, lista de chequeo, matriz de Connesa.

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 DEMANDA ENERGETICA

Al realizar la gestión con la electrificadora para la solicitud de datos, no fue posible el acceso a toda la información requerida, pues solo tenían porcentajes de utilización de los electrodomésticos. Al no contar con estos datos, se efectuaron visitas de campo para realizar un censo de carga y diligenciar los espacios de las tablas 4 y 5 con los que se halló la demanda energética en cada uno de los parques.

Tabla 4. Consumo energético PNN Cueva de los Guácharos

| Electrodoméstico | Cantidad | Potencia Nominal (W) | Total potencia Nominal (W) | % de utilización según la Electrificadora | Tiempo de utilización (h día) | W*h/día |
|----------------------------|----------|----------------------|----------------------------|---|-------------------------------|---------|
| Televisor | 1 | 35 | 35 | 25 | 6 | 210 |
| Portátil | 3 | 65 | 195 | 18 | 4 | 780 |
| Licadora Samu | 2 | 500 | 1000 | 1 | 0,2 | 200 |
| Bombilla ahorra | 4 | 23 | 92 | 20 | 5 | 460 |
| Cargador de Celular | 10 | 6 | 60 | 6 | 1,4 | 84 |
| Nevera Etiqueta D | 1 | 450 | 450 | 29 | 7 | 3150 |
| Total potencia Nominal (W) | | | 1832 | | | |
| Total Energía Wh/día | | | | | | 4884 |

Fuente: Censo de cargas

De acuerdo a lo anterior, la demanda energética del PNN Cueva de los Guácharos, es de 4884 Wh/día, es decir 4,884 kW/día. Cabe resaltar que este consumo es abastecido según

(Rodriguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018) por una microcentral hidroeléctrica con Turbina Pelton que genera 4,5 kW de energía eléctrica, la cual es utilizada para el alumbrado y la operación de equipos y elementos eléctricos en el sector Cedros que es donde se encuentra la infraestructura del Parque, tanto para funcionarios como para uso público, sin embargo este dato es inferior al obtenido en el censo de cargas In situ, lo que hace pensar que existe un déficit energético a suplir.

Tabla 5. Consumo energético Parque Alto de los Ídolos

| Electrodoméstico | Cantidad | Potencia Nominal (W) | Total potencia Nominal (W) | % de utilización según la Electrificadora | Tiempo de utilización (h día) | W*h/día |
|------------------------|----------|----------------------|----------------------------|---|-------------------------------|---------|
| Televisor | 1 | 35 | 35 | 25 | 6 | 210 |
| Portátil | 2 | 65 | 130 | 18 | 4 | 520 |
| Impresora | 1 | 100 | 100 | 15 | 3,6 | 360 |
| Licuada Imusa | 1 | 400 | 400 | 1 | 0,2 | 80 |
| Bombilla Ahorra | 6 | 23 | 138 | 20 | 5 | 690 |
| Cargador de Cel. | 4 | 6 | 24 | 6 | 1,4 | 33,6 |
| Nevera Haceb | 1 | 375 | 375 | 29 | 7 | 2625 |
| Lavadora LG | 1 | 400 | 400 | 10 | 2,4 | 960 |
| Radio de Comu. | 7 | 75 | 525 | 10 | 2,4 | 1260 |
| Lámparas Reflectoras | 2 | 100 | 200 | 25 | 6 | 1.200 |
| Greca Para Café | 1 | 110 | 110 | 3 | 0,7 | 77 |
| Total Potencia Nominal | | | 2437 | | | |
| Total Energía Wh/día | | | | | | 8015 |

Fuente: Censo de cargas

Como demanda energética en el Parque Alto de Los Ídolos, según el censo de carga con sus respectivos cálculos, asciende a un consumo de 8015 Wh/día, o también 8,015 kWh/ día. Por lo tanto la energía a suplir en cada sitio se relaciona a continuación.

Tabla 6. Demanda Energética Real

| Parques | Demanda Energética Real |
|--------------------|-------------------------|
| Cueva Guácharos | 4,884 kWh/día |
| Alto de los ídolos | 8,015 kWh/día |

5.2. ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS DE RADIACIÓN SOLAR Y TEMPERATURA

Durante el procesamiento de los datos se encontró la ausencia de algunos de ellos, debido a que el piranómetro (Aparato de una estación meteorológica que mide la radiación solar global directa + la difusa) de las estaciones, para esas épocas no existió transmisión satelital, expuesto por el instituto que proporcionó los valores, codificado con la sigla N.R. (No registró). La radiación fue proporcionada en calorías/cm².min, sin embargo para realizar los cálculos posteriores fue necesario tener las unidades de esta variable en kWh/m², por lo tanto se hace la conversión de unidades teniendo en cuenta que 1 kWh/m² equivale a 0,01163 calorías/cm².min.

Con los valores en kWh/m², se calcula el valor medio de radiación diaria, posteriormente el promedio mensual por año como se evidencia en las Tabla 7 y 8.

Tabla 7. Radiación solar promedio mensual

Estación Guácharos

| MESES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL PROMEDIO ANUAL |
|-----------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|----------------------|
| Valor RSM 2008 | 1,674 | 1,374 | 1,401 | 1,620 | 1,370 | 1,722 | 1,554 | 1,726 | 1,617 | 1,574 | N.R. | N.R. | 1,563 |
| Valor RSM 2009 | 1,747 | 2,132 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 0,805 | 0,714 | 0,971 | 0,651 | 1,170 |
| Valor RSM 2010 | 1,090 | 0,843 | 0,733 | 0,967 | 1,430 | 1,012 | 1,216 | 1,034 | 1,260 | 1,205 | 0,968 | 1,050 | 1,067 |
| Valor RSM 2011 | 1,497 | 1,701 | 1,082 | 1,102 | 1,088 | 1,263 | 1,274 | 1,624 | 1,455 | 1,301 | 1,188 | 1,296 | 1,323 |
| Valor RSM 2012 | 1,899 | 1,259 | 1,261 | 1,138 | 1,219 | 1,305 | 1,533 | 1,552 | 1,934 | 1,640 | 1,778 | 1,526 | 1,504 |
| Valor RSM 2013 | 1,917 | 1,505 | 1,541 | 2,284 | 1,578 | 1,852 | 1,632 | 1,668 | 1,865 | 1,904 | 1,494 | 2,161 | 1,784 |
| Valor RSM 2014 | 2,069 | 1,667 | 1,633 | 1,633 | 1,659 | 1,501 | 1,606 | 1,694 | 2,132 | 1,614 | 1,813 | 1,858 | 1,740 |
| Valor RSM 2015 | 1,798 | 1,815 | 1,387 | 1,535 | 1,535 | 1,364 | 1,476 | 1,513 | 1,923 | 2,163 | 1,771 | 1,768 | 1,671 |
| Valor RSM 2016 | 2,009 | 1,423 | 1,386 | 1,580 | 1,536 | 1,530 | 1,518 | 1,583 | 1,851 | 1,691 | 1,592 | 1,755 | 1,621 |
| Valor RSM 2017 | N.R. | 1,760 | 1,670 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2,175 | 2,053 | 1,768 | 1,714 | 1,933 | 1,868 |
| Valor RSM 2018 | 1,812 | 1,808 | 1,704 | 1,417 | 1,711 | 1,626 | 1,557 | 2,021 | 1,965 | 1,853 | 1,765 | N.R. | 1,749 |
| TOTAL PROMEDIO MESUAL | 1,751 | 1,572 | 1,380 | 1,475 | 1,459 | 1,464 | 1,485 | 1,659 | 1,715 | 1,584 | 1,505 | 1,555 | 1,550 |

Tabla 8. Radiación solar promedio mensual

Estación Purace

| MESES: | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL PROMEDIO ANUAL |
|------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|----------------------|
| Valor RSM 2008 | 1,731 | 1,766 | 1,913 | 2,039 | 1,685 | 1,787 | 1,538 | 1,718 | 1,630 | 1,887 | 1,925 | 1,929 | 1,796 |
| Valor RSM 2009 | 1,749 | 1,847 | 1,531 | 1,602 | 1,910 | 1,568 | 1,497 | 1,637 | 1,875 | N.R. | N.R. | N.R. | 1,691 |
| Valor RSM 2010 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. |
| Valor RSM 2011 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. |
| Valor RSM 2012 | N.R. | N.R. | 1,636 | 1,952 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2,179 | 2,222 | N.R. | 1,997 |
| Valor RSM 2013 | N.R. | N.R. | N.R. | 1,872 | 1,661 | 1,783 | 1,522 | 1,632 | 1,805 | 2,217 | 2,024 | 1,839 | 1,817 |
| Valor RSM 2014 | 2,105 | 2,022 | 1,822 | 1,747 | 1,898 | 1,526 | 1,480 | 1,896 | 2,072 | 2,027 | 2,200 | 2,223 | 1,918 |
| Valor RSM 2015 | 2,003 | 2,096 | 1,614 | 1,672 | 1,798 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 1,837 |
| Valor RSM 2016 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2,178 | 2,180 | 2,179 |
| Valor RSM 2017 | 1,813 | 2,257 | 1,971 | 2,075 | 2,069 | 1,725 | 1,345 | 1,902 | 2,026 | 1,810 | 2,159 | 2,201 | 1,946 |
| Valor RSM 2018 | 2,052 | 1,966 | 1,948 | 1,703 | 1,785 | 1,530 | 1,387 | 1,598 | 1,810 | 2,197 | 1,927 | N.R. | 1,809 |
| TOTAL PROMEDIO MENSUAL | 1,909 | 1,992 | 1,777 | 1,833 | 1,829 | 1,653 | 1,462 | 1,730 | 1,870 | 2,053 | 2,091 | 2,074 | 1,856 |

5.3. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En este apartado se aplicaron las ecuaciones estipuladas en la metodología.

Radiación media diaria en kWh/m²día

$$R_{\beta} = R_0 \cdot k_{\beta} \quad (1)$$

Teniendo en cuenta que los dos sitios turísticos se encuentran en una latitud 1°, se utilizaron los datos de la tabla 1 que tiene los coeficientes k de corrección para la inclinación del ángulo de 10°. En las tablas 9 y 10, se resuelve la ecuación (1) aplicando a cada valor de radiación promedio mensual su coeficiente k de corrección seleccionada por mes con un ángulo de inclinación de 10 grados, obteniéndose la radiación media diaria mensual en kWh/m²día, para ambos parques.

Tabla 9. Radiación Media Diaria con factor de corrección k
Estación Guácharos

| MESES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL PROMEDIO ANUAL |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| Valor RSM 2008 | 1,725 | 1,402 | 1,387 | 1,555 | 1,274 | 1,585 | 1,445 | 1,657 | 1,601 | 1,606 | N.R. | N.R. | 1,524 |
| Valor RSM 2009 | 1,799 | 2,174 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 0,797 | 0,728 | 1,010 | 0,677 | 1,198 |
| Valor RSM 2010 | 1,123 | 0,860 | 0,726 | 0,928 | 1,329 | 0,931 | 1,131 | 0,993 | 1,248 | 1,229 | 1,006 | 1,092 | 1,050 |
| Valor RSM 2011 | 1,542 | 1,735 | 1,071 | 1,058 | 1,012 | 1,162 | 1,185 | 1,559 | 1,440 | 1,328 | 1,235 | 1,348 | 1,306 |
| Valor RSM 2012 | 1,956 | 1,284 | 1,249 | 1,092 | 1,134 | 1,200 | 1,426 | 1,490 | 1,915 | 1,673 | 1,849 | 1,588 | 1,488 |
| Valor RSM 2013 | 1,974 | 1,536 | 1,526 | 2,193 | 1,468 | 1,704 | 1,518 | 1,602 | 1,847 | 1,942 | 1,554 | 2,247 | 1,759 |
| Valor RSM 2014 | 2,131 | 1,701 | 1,617 | 1,567 | 1,543 | 1,381 | 1,493 | 1,627 | 2,111 | 1,646 | 1,886 | 1,933 | 1,720 |
| Valor RSM 2015 | 1,852 | 1,852 | 1,373 | 1,473 | 1,428 | 1,255 | 1,372 | 1,452 | 1,903 | 2,206 | 1,842 | 1,839 | 1,654 |
| Valor RSM 2016 | 2,069 | 1,451 | 1,372 | 1,517 | 1,429 | 1,408 | 1,411 | 1,520 | 1,832 | 1,725 | 1,655 | 1,826 | 1,601 |
| Valor RSM 2017 | N.R. | 1,795 | 1,654 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2,088 | 2,033 | 1,803 | 1,783 | 2,010 | 1,881 |
| Valor RSM 2018 | 1,866 | 1,844 | 1,687 | 1,360 | 1,591 | 1,496 | 1,448 | 1,940 | 1,946 | 1,890 | 1,835 | N.R. | 1,719 |
| TOTAL PROMEDIO MESUAL | 1,804 | 1,603 | 1,366 | 1,416 | 1,356 | 1,347 | 1,381 | 1,593 | 1,697 | 1,616 | 1,565 | 1,618 | 1,530 |
| Factor de corrección k para 1° de latitud | 1,03 | 1,02 | 0,99 | 0,96 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,96 | 0,99 | 1,02 | 1,04 | 1,04 | |

Tabla 10. Radiación Media Diaria con factor de corrección k

Estación Purace

| MESES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL PROMEDIO ANUAL |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|
| Valor RSM 2008 | 1,783 | 1,801 | 1,894 | 1,957 | 1,567 | 1,644 | 1,430 | 1,649 | 1,614 | 1,924 | 2,003 | 2,006 | 1,773 |
| Valor RSM 2009 | 1,802 | 1,884 | 1,516 | 1,538 | 1,776 | 1,443 | 1,392 | 1,571 | 1,856 | N.R. | N.R. | N.R. | 1,642 |
| Valor RSM 2010 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. |
| Valor RSM 2011 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. |
| Valor RSM 2012 | N.R. | N.R. | 1,620 | 1,874 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2,223 | 2,311 | N.R. | 2,007 |
| Valor RSM 2013 | N.R. | N.R. | N.R. | 1,797 | 1,545 | 1,641 | 1,416 | 1,566 | 1,787 | 2,261 | 2,105 | 1,913 | 1,781 |
| Valor RSM 2014 | 2,168 | 2,062 | 1,804 | 1,677 | 1,765 | 1,404 | 1,377 | 1,820 | 2,051 | 2,067 | 2,288 | 2,312 | 1,900 |
| Valor RSM 2015 | 2,064 | 2,138 | 1,598 | 1,605 | 1,672 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 1,815 |
| Valor RSM 2016 | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | N.R. | 2,265 | 2,267 | 2,266 |
| Valor RSM 2017 | 1,867 | 2,302 | 1,951 | 1,992 | 1,924 | 1,587 | 1,251 | 1,825 | 2,006 | 1,846 | 2,246 | 2,289 | 1,924 |
| Valor RSM 2018 | 2,113 | 2,005 | 1,929 | 1,635 | 1,660 | 1,408 | 1,290 | 1,534 | 1,792 | 2,241 | 2,004 | N.R. | 1,783 |
| TOTAL PROMEDIO MENSUAL | 1,966 | 2,032 | 1,759 | 1,759 | 1,701 | 1,521 | 1,359 | 1,661 | 1,851 | 2,094 | 2,175 | 2,157 | 1,836 |
| Factor de corrección k para 1° de latitud | 1,03 | 1,02 | 0,99 | 0,96 | 0,93 | 0,92 | 0,93 | 0,96 | 0,99 | 1,02 | 1,04 | 1,04 | |

Posteriormente se seleccionó el mes de menor radiación media diaria sobre los datos hallados en cada uno de los parques; que para el PNN Cueva de los Guácharos es 1,347 kWh/ m²día y para el Parque Alto de los Ídolos es de 1,359 kWh/ m²día, con el fin de hallar las Horas Pico Solar HPS, a través de la siguiente formula calculada en el software MatLab.

- Horas Pico Solar HPS.

$$HPS_{\beta} = \frac{R_{\beta}}{I_{\beta(CEM)}} (2)$$

Aplicando la ecuación, las HPS para el PNN Cueva de los Guácharos son 1,347 h y para el Parque Alto de los Ídolos es de 1,359 h. Ver Anexo 1 Procedimiento y resultados MatLab de todo el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

- Selección de los paneles solares a utilizar

Se seleccionaron paneles solares policristalinos de referencia 310W 24V Policristalino Atersa, por su costo y efectividad, teniendo una potencia nominal de 310 W, eficiencia de 15,78%, corriente punto de máxima potencia de 8,35 A, tensión punto de máxima potencia 37,14V, Corriente en corto circuito 8.83A, tensión de circuito abierto 46,14V. Ver Especificaciones completas en el Anexo 2

- Rendimiento Energético de la Instalación (PR)

$$PR(\%) = (100 - A - Ptemp).B.C.D.E.F (3)$$

- Cálculo de A:

$$A = (A1 + A2 + A3 + A4) \text{ Por lo tanto, } A = (5\% + 4\% + 3\% + 4\%) = 16\%$$

- Cálculo de Ptemp:

$$Ptemp(\%) = 100[0,0035.(Tc - 25)] \quad (4)$$

Para hallar Tc que es la (temperatura de trabajo de los paneles solares) se determina para un nivel de irradiancia de 1000 W/m² y se utilizan los datos promedios de temperatura ambiente dados por el IDEAM en las zonas de estudio, que para el parque cueva de los guacharos es de 16,857 °C y para el parque alto de los ídolos es de 16,160°C (Ver tabla 11 y 12)

Tabla 11. Promedio de temperatura la estación Guacharos

| TEMPERATURA GLOBAL- ESTACION GUACHAROS PALESTINA HUILA PARQUE NACIONAL NATURAL CUEVA DE LOS GUACHAROS | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| MESES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL PROMEDIO ANUAL |
| Valor TEMP 2008 | 16,468 | 16,270 | 16,546 | 16,873 | 15,892 | 15,736 | 15,295 | 16,333 | 16,297 | 16,762 | 16,845 | 16,679 | 16,333 |
| Valor TEMP 2009 | 16,632 | 17,328 | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | 17,234 | 18,168 | 17,279 | 17,328 |
| Valor TEMP 2010 | 17,920 | 18,350 | 17,854 | 17,485 | 17,443 | 16,135 | 16,009 | 16,174 | 16,898 | 16,958 | 16,583 | 16,590 | 17,033 |
| Valor TEMP 2011 | 17,203 | 22,172 | 16,650 | 16,572 | 16,455 | 16,175 | 15,570 | 16,257 | 16,286 | 16,800 | 17,036 | 16,942 | 17,010 |
| Valor TEMP 2012 | 16,930 | 16,659 | 16,395 | 16,637 | 16,241 | 16,025 | 15,432 | 15,746 | 16,465 | 17,066 | 17,729 | 17,738 | 16,589 |
| Valor TEMP 2013 | 16,868 | 16,934 | 17,342 | 22,023 | 16,984 | 16,305 | 15,387 | 15,770 | 16,606 | 17,254 | 16,994 | 21,013 | 17,457 |
| Valor TEMP 2014 | 17,013 | 17,338 | 17,151 | 16,840 | 17,153 | 15,931 | 15,345 | 15,624 | 18,090 | 16,421 | 17,418 | 17,361 | 16,807 |
| Valor TEMP 2015 | 16,661 | 17,150 | 16,946 | 16,737 | 16,723 | 15,832 | N/R | N/R | N/R | N/R | 17,472 | 17,244 | 16,846 |
| Valor TEMP 2016 | 16,996 | 17,712 | 17,824 | 17,468 | 17,007 | 15,918 | 15,614 | 16,333 | 16,614 | 17,539 | 17,516 | 17,298 | 16,987 |
| Valor TEMP 2017 | N/R | 17,340 | 17,045 | N/R | N/R | N/R | N/R | 16,869 | 17,089 | 17,043 | 17,432 | 17,538 | 17,194 |
| Valor TEMP 2018 | 16,923 | 17,657 | N/R | 16,432 | 16,570 | 15,711 | 15,388 | 15,794 | 16,900 | 17,349 | 17,765 | N/R | 16,649 |
| TOTAL PROMEDIO MESUAL | 16,961 | 17,719 | 17,084 | 17,452 | 16,719 | 15,974 | 15,505 | 16,100 | 16,805 | 17,043 | 17,360 | 17,568 | 16,857 |

Tabla 12. Promedio de temperatura la estación Idolos

| MESES | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO | SEPTIEMBRE | OCTUBRE | NOVIEMBRE | DICIEMBRE | TOTAL PROMEDIO ANUAL |
|------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| Valor TEMP 2008 | 16,443 | 15,946 | 17,269 | 17,118 | 16,725 | 16,859 | 15,295 | 16,520 | 15,776 | 16,771 | 17,132 | 17,09375 | 16,579 |
| Valor TEMP 2009 | 16,826 | 17,206 | 16,969 | 16,656 | 17,000 | 16,574 | 15,926 | 15,567 | 17,477 | N/R | N/R | N/R | 16,689 |
| Valor TEMP 2010 | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R |
| Valor TEMP 2011 | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R |
| Valor TEMP 2012 | N/R | N/R | 16,200 | 17,410 | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | 17,235 | 18,319 | N/R | 17,291 |
| Valor TEMP 2013 | N/R | N/R | N/R | 16,715 | 16,714 | 17,450 | 15,647 | 16,390 | 16,625 | 17,205 | 17,824 | 18,297 | 16,985 |
| Valor TEMP 2014 | 16,771 | 18,366 | 17,609 | 17,886 | 4,114 | 0,094 | 0,273 | 2,400 | 16,234 | 17,706 | 17,355 | 17,232 | 12,170 |
| Valor TEMP 2015 | 15,280 | 18,098 | 17,460 | 17,927 | 17,921 | 15,833 | 15,843 | 15,845 | 16,607 | N/R | N/R | N/R | 16,757 |
| Valor TEMP 2016 | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | N/R | 18,025 | 16,988 | 17,506 |
| Valor TEMP 2017 | 15,530 | 17,705 | 17,370 | 17,577 | 17,703 | 16,712 | 14,704 | 16,055 | 16,278 | 17,333 | 17,463 | 17,493 | 16,827 |
| Valor TEMP 2018 | 15,743 | 17,068 | 18,067 | 16,818 | 16,525 | 16,106 | 15,634 | 16,014 | 16,448 | 17,419 | 18,306 | N/R | 16,741 |
| TOTAL PROMEDIO MESUAL | 16,099 | 17,398 | 17,278 | 17,263 | 15,243 | 14,233 | 13,332 | 14,113 | 16,492 | 17,278 | 17,775 | 17,421 | 16,160 |

Se aplicó la ecuación correspondiente:

$$T_c = T_{amb} + (TONC - 20) \frac{E}{800}$$

$$T_c \text{ Guácharos} = 16,857^\circ\text{C} + (47^\circ\text{C} - 20) \frac{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{800} = 50,6^\circ\text{C}$$

$$T_c \text{ Idolos o Estacion Purace} = 16,160^\circ\text{C} + (47^\circ\text{C} - 20) \frac{1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{800} = 49,91^\circ\text{C}$$

$$P_{temp \text{ Guacharos}} (\%) = 100[0,0035 (50,6^\circ\text{C} - 25)] = 9\%$$

$$P_{temp \text{ Idolos o Estacion Purace}} (\%) = 100[0,0035 (49,91^\circ\text{C} - 25)] = 8,7\%$$

➤ Cálculo de B:

$$B = 100\% - PC_{cc} = B \quad (5)$$

De acuerdo a (IDAE, 2009) el valor máximo admisible de PC_{cc} es 1,5%, así que se toma el valor de B así:

$$B = 100\% - 1,5\% = 98,5\%$$

0,985 de pérdidas en el cableado para corriente continua calculado entre los paneles y el inversor a corriente alterna.

➤ Cálculo de C:

$$C = 100\% - PC_{ca} \quad (6)$$

Según el (IDAE, 2009) el valor máximo admisible de PC_{ca} es 2%, y un valor recomendable es el 0.5%.

$$C = 100\% - 0,5\% = 99,5\%$$

Por lo tanto C es igual a 0,995.

➤ Cálculo de D:

$$D = 100\% - PDI \quad (7)$$

$$D = 100\% - 5\% = 95\%$$

Por lo tanto D sería de 0,95.

➤ Cálculo de E:

El inversor seleccionado para el presente sistema es aquel de 48v - 1200w Onda Pura Marca Victron Referencia: Ase0420 - Inversor 48v - 1200w Onda Pura Marca Victron, que según sus especificaciones (ver anexo 3) tiene una eficiencia máxima de 98%, por lo tanto el valor de E es de 0,98.

➤ Cálculo de F:

$$F = 100\% - PMP \text{ (8)}$$

$$F = 100\% - 8\% = 92\%$$

De acuerdo a lo anterior el valor de F es de 0,92 de pérdidas por el no seguimiento del punto de Máxima Potencia y en los umbrales de arranque del inversor.

Se reemplazan los valores en la ecuación 3, para hallar el rendimiento energético de la instalación PR (%) en cada uno de los parques objeto de estudio.

$$PR(\%) \text{ Guacharos} = (100 - 16\% - 9\%) \cdot 0,98 * 0,995 * 0,95 * 0,98 * 0,92 = 63,2\%$$

$$PR(\%) \text{ Idolos} = (100 - 16\% - 8,7\%) \cdot 0,98 * 0,995 * 0,95 * 0,98 * 0,92 = 63\%$$

➤ Cálculo de la potencia pico del generador.

$$P_{pgenerador} = \frac{Ed}{PR \cdot HPS_{\beta}} \text{ (9)}$$

$$P_{pgenerador \text{ Guacharos}} = \frac{4,884}{0,63 \cdot 1,347} = 5,8 \text{ kWh/día}$$

$$P_{pgenerador \text{ Idolos}} = \frac{8,015}{0,63 \cdot 1,359} = 9,4 \text{ kWh/día}$$

➤ Cálculo del número de paneles

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \text{Parte entera} \left(\frac{P_{pgenerador}}{P_{pPanel}} \right) + 1 \text{ (10)}$$

$$N^{\circ} \text{ paneles Guacharos} = \text{Parte entera} \left(\frac{5,8}{0,31} \right) + 1 = 19$$

$$N^{\circ} \text{ paneles Idolos} = \text{Parte entera} \left(\frac{9,4}{0,31} \right) + 1 = 31$$

- Cálculo de paneles en serie que constituyen cada rama del generador

$$N^{\circ} P_S = \left(\frac{V_n}{V_{npanel}} \right) \quad (11)$$

De acuerdo a la tabla 3 en la cual se encuentran las referencias de elección Tensión Nominal de la Instalación, la potencia total para ambos sitios turísticos se encuentra en el rango señalado de $1.600 \text{ Wp} < \text{Potencia} < 3.200 \text{ Wp}$, así que se utilizó 48 V como tensión Nominal de la instalación. La potencia total se halló con la sumatoria de las cargas en cada uno de los parques.

$$N^{\circ} P_S = \left(\frac{48v}{24v} \right) = 2$$

- Cálculo de número de ramas de paneles en serie

$$N^{\circ} r_{FV} = \left(\frac{N^{\circ} \text{ paneles}}{N^{\circ} p_s} \right) \quad (12)$$

$$N^{\circ} r_{FV} \text{ Guacharos} = \left(\frac{19}{2} \right) = 9,5$$

$$N^{\circ} r_{FV} \text{ Idolos} = \left(\frac{31}{2} \right) = 15,5$$

Debido a que cada rama debe poseer igual tensión de trabajo equivalente a 48 V para poder realizar la conexión en paralelo, en ambos sistemas el $N^{\circ} r_{FV}$ debe ser un número entero, por lo tanto la cantidad de paneles totales en Guácharos igualmente sería de 20 y en Ídolos de 32. De tal manera que la ecuación anterior correcta para Ídolos fue:

$$N^{\circ} r_{FV} \text{ Guacharos} = \left(\frac{20}{2} \right) = 10$$

$$N^{\circ} r_{FV} \text{ Idolos} = \left(\frac{32}{2} \right) = 16$$

- Para el dimensionamiento del sistema de baterías, se debe calcular la capacidad nominal del campo de baterías.

$$C_n = \left(\frac{1.1 (Ed \frac{wh}{dia}) \cdot (A)}{V_n \cdot PD_{max}} \right) \quad (13)$$

En los cálculos generales se selecciona el valor medio de profundidad de descarga del 70%.

$$C_n \text{ Guacharos} = \left(\frac{1.1(4884wh/dia)(6 \text{ dias})}{48 \text{ v} \cdot 0,7} \right) = 959,35Ah$$

$$C_n \text{ Idolos} = \left(\frac{1.1 (8015wh/dia)(6 \text{ dias})}{48 \text{ v} \cdot 0,7} \right) = 1574,4 \text{ Ah}$$

- Se calculó el intervalo de la siguiente manera, para evitar que las corrientes de carga resulten excesivamente bajas en las baterías.

$$\left(\frac{1,1 \cdot Ed \cdot A}{V_n \cdot PD_{max}} \right) \leq C_n \leq 25 \cdot ICC_{generador}$$

$$ICC_{generador} = ICC_{panel} \cdot N^\circ r_{FV} \quad (14)$$

$$ICC_{generador \text{ GUÁCHAROS}} = 8,83 \text{ A} \cdot (10) = 88,3$$

$$ICC_{generador \text{ IDOLOS}} = 8,83 \cdot (16) = 141,28$$

Por lo tanto los valores de $C_n \text{Guácharos} = 959,35Ah$ no superan 25 veces 88,3 y para la $C_n \text{Idolos} = 1574,4 \text{ Ah}$ es menor que 25 veces 141,28.

- Cálculo del número de baterías

$$N^\circ \text{ Baterias} = \frac{C_n}{C_{20}} \quad (15)$$

$$N^\circ \text{ Baterias Guacharos} = \frac{959,35 \text{ Ah}}{200 \text{ A}} = 4,79$$

$$N^\circ \text{ Baterias Idolos} = \frac{1574,4}{200 \text{ A}} = 7,8$$

Para ambos sistemas el número de Baterías debe ser un número entero, por lo tanto para Guácharos es de 5 y para Ídolos de 8.

➤ Cálculo del número de baterías en serie por grupo

$$N^{\circ} \text{ Baterías por grupo} = \frac{V_n}{V_{n_{\text{batería}}}} \quad (16)$$

$$N^{\circ} \text{ Baterías por grupo} = \frac{48 \text{ v}}{12 \text{ v}} = 4$$

➤ Cálculo de número de grupos de baterías

$$N^{\circ} \text{ Grupos} = \frac{N^{\circ} \text{ baterías}}{N^{\circ} \text{ de baterías por grupo}} \quad (17)$$

$$N^{\circ} \text{ Grupos Guácharos} = \frac{5}{4} = 1,2 \qquad N^{\circ} \text{ Grupos Ídolos} = \frac{8}{4} = 2$$

Teniendo en cuenta que el número de grupos debe ser entero, para el parque cueva de los Guácharos se toma 2 igual que en ídolos, por lo tanto el número de baterías en Guácharos será de 8 y no de 5 como se había hallado inicialmente, debido a que debe ser múltiplo de cuatro para completar los 48 V de la tensión. La batería seleccionada fue de referencia LEOCH LPG12-200(12V-200AH) Ver especificaciones en el Anexo 3.

➤ Dimensionamiento del regulador

I_{max} del regulador > Intensidad máxima del campo del módulo

$$I. \text{ max Campo} = \frac{\text{Potencia} \cdot N^{\circ} \text{ de Paneles}}{\text{Tension del sistema}} \quad (18)$$

$$I. \text{ max Campo Guacharos} = \frac{310 \text{ W} \cdot 20 \text{ Paneles}}{48 \text{ v}} = 129,16 \text{ A}$$

$$I. \text{ max Campo Ídolos} = \frac{310 \text{ W} \cdot 32 \text{ Paneles}}{48 \text{ v}} = 206,66 \text{ A}$$

De manera que al seleccionar el regulador BlueSolar MPPT 100/30 Ampere, ver especificaciones en el Anexo 4, con la intensidad máxima en Guácharos de 129,16 Ampere se necesitarán 5 reguladores de carga y en Ídolos con 206,66 Ampere se requerirán 7 de ellos.

➤ Dimensionamiento del Inversor

La sumatoria de los elementos de consumo en el parque de Cueva Guácharos fue de 1832 W, y en el parque Alto de los Ídolos es de 2437 W, seguidamente se tuvo en cuenta la aplicación de un coeficiente de simultaneidad para no llegar a sobredimensionar el sistema pues es muy poco probable encontrar el escenario en el que todos los electrodomésticos estén en funcionamiento al mismo tiempo.

Este factor será 100% cuando se considera que la cantidad total de unidades eléctricas es usada en un mismo momento, 50% cuando ocurre con la mitad de estas. En este orden de ideas de acuerdo a (Sanchez, Energia Solar Fotovoltaica, 2011) el factor de simultaneidad para este caso fue un rango entre 50% y 75%, asumiendo que un poco más de la mitad de los electrodomésticos están siendo utilizados de forma simultánea.

Tabla 13. Potencia Nominal del Inversor

| Parque | Sumatoria elementos de consumo x coeficiente de simultaneidad | Rango potencia nominal del Inversor |
|------------------------|---|-------------------------------------|
| Cueva de los Guácharos | 1832 W x 0,5 1832 W x 0,75 | 0916 KW -1374 KW |
| Alto de los Ídolos | 2437 W x 0,5 2437 W x 0,75 | 1218 KW-1827 KW |

Por lo tanto la potencia pico del inversor seleccionado debe estar entre el rango para cada parque. En este sentido se eligió el INVERSOR 48V - 1200W ONDA PURA MARCA VICTRON Referencia: ASE0420 - Inversor 48v - 1200w onda pura marca victron, uno para cada parque. Ver especificaciones en el Anexo 5.

➤ Simulación del sistema fotovoltaico

Después de realizar el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, se generó una plataforma de simulación mediante el software MatLab, bajo la licencia educativa. El programa permitió obtener un panorama general del funcionamiento de todos los equipos,

ante las diferentes condiciones de operación y los factores que afectan su rendimiento, obteniendo de esta forma, un mejor aprovechamiento del recurso solar.

La Figura 6 se evidencia el diagrama que representan todos los componentes del sistema a simular en el parque Cueva de los Guacharos, la fuente es el Software MatLab, teniendo en cuenta que es el mismo procedimiento para el parque alto de los ídolos, modificando datos de la carga, las batería, convertidor y los paneles.

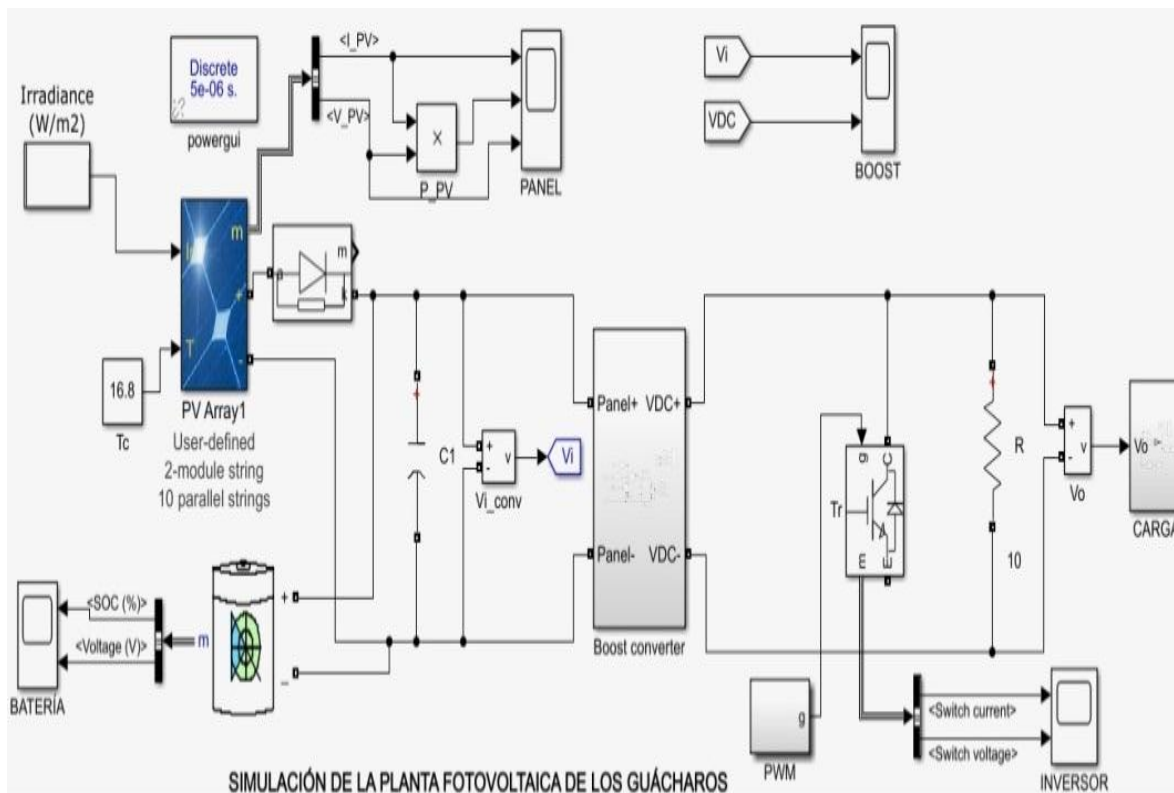


Figura 6. Simulación del Sistema Fotovoltaico en el PNN Cueva de los Guácharos

El modelado del sistema fotovoltaico se realizó con el fin de conocer el comportamiento de la simulación de cada uno de los componentes del sistema. A continuación se aprecian las respuestas en las Baterías (figura 7), en la carga (figura 8), en los inversores (figura 9), en los paneles (figura 10), por medio de las gráficas generadas en MatLab.

SIMULACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

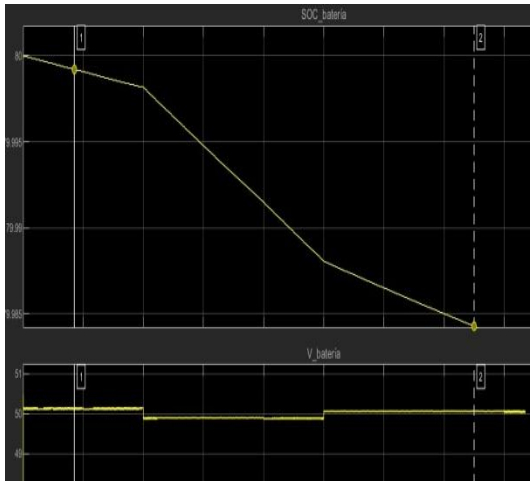


Figura 7. Respuesta Batería

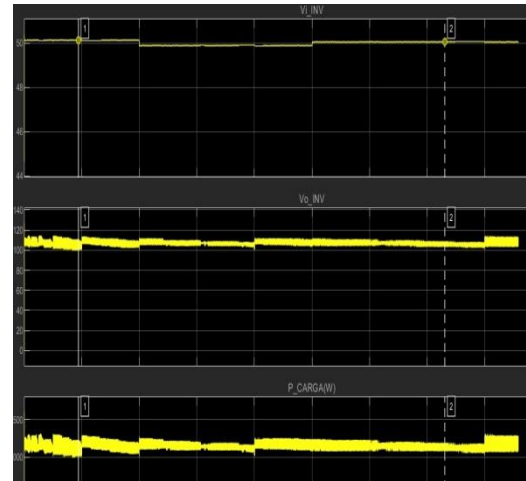


Figura 8. Respuesta Carga

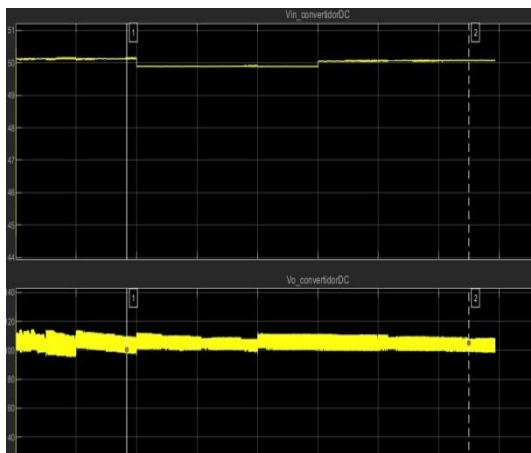


Figura 9. Respuesta Inversor

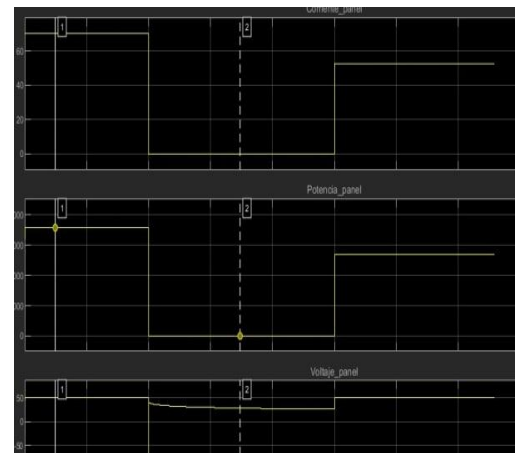


Figura 10. Respuesta Panel

La simulación del sistema solar fotovoltaico, permitió mostrar la eficacia del modelo generado para abastecer los parámetros técnicos de las cargas en cada parque, proporcionando viabilidad energética en ambos sitios turísticos.

5.3 CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO OBJETIVO

Teniendo en cuenta que la caracterización de mercado es una investigación para anticipar la respuesta de los clientes potenciales y la competencia ante un producto o servicio concreto, se desarrollaron los siguientes pasos para analizar sobre el proyecto.



Figura 11. Pasos para caracterizar el posible mercado

5.3.1 Producto y precios

A continuación se describe el producto, cada uno de sus componentes y su respectivo precio aproximado en el mercado.

Un sistema fotovoltaico es aquel capaz de generar electricidad a partir de la energía solar. Lo anterior lo realiza gracias a una serie de componentes interconectados que permiten tal fin, estos se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 14. Descripción del producto y precios PNN Cueva de los Guácharos

| Componente | Cant. | Descripción | Precio Unit | Total |
|-------------|-------|---|-------------|--------------|
| Panel Solar | 20 | Referencia 310W 24V Policristalino Atersa | \$1.924.585 | \$38.491.700 |
| Regulador | 5 | Bluesolar MPPT 100/30 de 880w Eficiencia del 98% | \$1.310.253 | \$6.551.265 |

| Componente | Cant. | Descripción | Precio Unit | Total |
|---|-------|--|-------------|----------------------|
| Batería | 8 | Bateria LEOCH LPG12-200(12V-200AH) | \$1.170.000 | \$9.360.000 |
| Inversor | 1 | Inversor 48v - 1200w Onda Pura Marca Victron Referencia: Ase0420 - Inversor 48v - 1200w Onda Pura Marca Victron | \$2.100.000 | \$2.100.000 |
| Costos de Instalación | | | | \$7.000.000 |
| Total del sistema para el PNN Cueva de los Guácharos | | | | \$ 63.502.965 |

Tabla 15 Descripción del producto y precios Parque Alto de los Ídolos

| Componente | Cant. | Descripción | Precio Unit | Total |
|--|-------|--|-------------|----------------------|
| Panel Solar | 32 | Referencia 310W 24V Policristalino Atersa | \$1.924.585 | \$61.586.720 |
| Regulador | 7 | Bluesolar MPPT 100/30 de 880w Eficiencia del 98% | \$1.310.253 | \$9.171.771 |
| Batería | 8 | Bateria LEOCH LPG12-200(12V-200AH) | \$1.170.000 | \$9.360.000 |
| Inversor | 1 | Inversor 48v - 1200w Onda Pura Marca Victron Referencia: Ase0420 - Inversor 48v - 1200w Onda Pura Marca Victron | \$2.100.000 | \$2.100.000 |
| Costos de Instalación | | | | \$10.000.000 |
| Total del sistema para el Parque Alto de los Ídolos | | | | \$ 92.218.491 |

El costo total del dimensionamiento e instalación del sistema fotovoltaico asciende a un aproximado en el parque cueva de los Guácharos de \$ 63.502.965 y en el parque alto de los ídolos a un total de \$ 92.218.491. Cabe resaltar que estas cantidades no incluyen costos de

mantenimiento que normalmente se hacen cada año, ni el montaje de la estructura para los paneles en aluminio estructural.

5.3.2 Demanda Focalizada

Teniendo en cuenta que la demanda es la cantidad de un bien o servicio que los consumidores están dispuestos a comprar en un período de tiempo determinado, para el objeto de esta investigación se tomó la demanda de forma focalizada, es decir, fue hallada en función de la cantidad de turistas que deseaban que en cada uno de los parques se implementara e hiciera uso de energías renovables como la solar a través de un sistema fotovoltaico.

Siguiendo este orden de ideas, se realizó una encuesta de campo estructurada de tipo descriptiva (Ver anexo 6) en cada uno de los parques objeto de investigación, la cual constó de 10 preguntas, tomando como referencia el consumo energético, el precio, las preferencias del consumidor, la información que éste tiene sobre el producto, lo que estaría dispuesto a pagar, la utilidad o bienestar que el bien produzca, la presencia de bienes que puedan remplazarlo y la existencia de políticas definidas para su implementación.

Debido a que la población de visitantes fluctúa constantemente de acuerdo a la temporada del año, se aplicaron encuestas durante un periodo de tiempo determinado (3 meses) para ambos parques; diciembre de 2018, Enero y Febrero de 2019. Ver Anexo 7 (registro fotográfico de aplicación de encuestas y de los sitios turísticos objeto de investigación)

En total se aplicaron en el parque Alto de los Ídolos un volumen de 132 encuestas y en el PNN Cueva de los guacharon 85 respectivamente. Al analizar cada una de las preguntas se obtuvieron los siguientes resultados. La encuesta aplicada comprendió 10 preguntas, y además se contempló la nacionalidad de los usuarios encuestados.

De acuerdo al análisis porcentual generado por pregunta, la mayor parte de personas encuestadas en ambos parques fueron colombianos con un 100% en la cueva de los

Guácharos y un 90% en alto de los ídolos, además se contó con un 10% de población extranjera para este último, la cual contribuyó a complementar los resultados.

Para la primera pregunta ¿Ha escuchado hablar sobre energías alternativas o renovables como la solar?, el mayor porcentaje en ambos parques lo obtuvo la respuesta *Siempre* con un 80% para el PNN Cueva de los Guácharos y un 49% para el parque alto de los Ídolos.

En la segunda pregunta ¿Considera beneficioso que la energía solar pueda transformarse en energía eléctrica?, el mayor porcentaje en los dos parques lo consiguió la respuesta *SI*, con un 100% en el Ídolos y un 93% en Guacharos. Teniendo en cuenta esta proporción, se deduce que la mayoría de personas ha escuchado y conocen el término energías renovables. Este conocimiento genera una ventaja significativa para la posible implementación de tecnologías con energía solar como los sistemas fotovoltaicos.

Como tercera pregunta: ¿Considera usted que la energía eléctrica tradicional es costosa?, solamente el 10% de los encuestados en el parque alto de los ídolos, manifiestan que la energía convencional *No* es costosa, contra un 90% que opinan lo contrario, igualmente el 100% de los usuarios en el PNN Cueva de los Guácharos consideran que *Si* lo es. Estos datos revelan que la mayoría de la población manifiesta que la energía convencional a base de los combustibles fósiles es muy costosa, lo que posibilita la idea de implementar otras formas de generar electricidad que además de reducir costos, al mismo tiempo, sean amigables con el ambiente.

Así mismo para la cuarta pregunta ¿Cuánto es el costo promedio de su factura de energía en un mes?, las tres opciones de respuesta obtuvieron los siguientes resultados: en el PNN Cueva de los Guácharos el 51% manifiestan que cancelan menos de \$50.000 pesos, el 40% afirman que pagan más de \$50.000 y un 9% más de \$100.000. Para el parque alto de los Ídolos, se obtuvo en el mismo orden lo siguiente: 43%,41% y 16% respectivamente. En resumen, Aunque es un poco contradictorio con la pregunta anterior que revelo a la energía convencional como costosa, la mayor parte de los encuestados paga por su factura de energía menos de \$50.000 al mes; sin embargo a un largo plazo se podría apreciar el gasto, pues también se estima una población significativa que cancela por encima de \$50.000 y un

componente menor, pero que igualmente paga más de \$100.000 por un mes de energía tradicional.

De acuerdo a la quinta y sexta pregunta ¿Piensa usted que es rentable económicamente utilizar paneles solares para generar energía limpia en vez de la red eléctrica tradicional? y ¿Piensa usted que es bueno para el ambiente utilizar paneles solares para generar energía limpia en vez de la red eléctrica tradicional?, los encuestados en su mayoría con un 98% en ambos parques coincidieron al afirmar que usar celdas solares para brindar energía eléctrica es rentable tanto económica como ambientalmente.

Ante la séptima pregunta ¿Invertiría usted en un sistema fotovoltaico que utiliza la energía solar para generar electricidad amigable con el ambiente?, tanto en Guácharos como en Ídolos respondieron SI con un 98% y 96% respectivamente. Lo que evidencia que esta posibilidad es atractiva para personas naturales como los turistas quienes ven viable la implementación de este tipo de energía en sus hogares, ¿cómo no serlo para entidades como la Unidad Administrativa Especial denominada Parques Nacionales Naturales de Colombia y el instituto colombiano de antropología e historia ICANH, que pueden invertir y contribuir en la utilización de tecnologías limpias en cada uno de sus parques, haciéndolos más llamativos tanto a nivel de instalaciones como ambientalmente?.

Así mismo, en relación a la octava pregunta; ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir teniendo en cuenta que la adquisición de este producto es un poco costoso en relación a la energía tradicional, sin embargo genera energía gratuita y amigable con el ambiente?, los encuestados estuvieron distribuidos así: en el PNN Cueva de los Guácharos un 40% invertiría entre 5 a 8 millones de pesos; un 36% entre 2 a 5 millones, y un 24% manifestó poder invertir más de 10 millones COP. En el parque alto de los ídolos los porcentajes se comportaron de la siguiente forma: un 45% entre 2 a 5 millones de pesos, un 29%, entre 5 a 8 millones y un 26% más de 10 millones COP.

De acuerdo a los datos encontrados, se puede deducir que si estas personas están dispuestas a invertir en los valores citados previamente, las entidades y más aún los parques naturales nacionales en los que la visión es la conservación y protección de la riqueza ambiental y cultural, deberían considerar apoyar este tipo de propuestas e incluirla en sus

proyectos anuales de inversión. Pues según literatura ya citada, el hecho de que en sitios turísticos se utilicen energías limpias para generar electricidad es bastante atractivo para el visitante e incluso estarían dispuestos a pagar más por estar en lugares que empleen tecnologías amigables con el ambiente.

Ante la novena pregunta: ¿Le gustaría que en este Parque se implementara un sistema fotovoltaico, para que la energía eléctrica brindada fuera amigable con el ambiente?, en el Parque Cueva de los Guácharos solo un 7% marco *No*, contra un 93% que opino que *SI* les gustaría, y en el Parque alto de los Ídolos el 100% de la población considera que *SI* sería fundamental que la electricidad fuera abastecida a base de la energía solar con un sistema fotovoltaico.

Finalmente con la décima pregunta: ¿Conoce usted los incentivos de parte del estado a quienes aprovechen las energías alternativas?, con porcentajes superiores al 80%, en ambos parques, se confirma la falta de conocimiento por parte de la población en relación a esta temática, razón por la cual este tipo de tecnologías limpias aun no son consideradas como eficiente y rentables, pues en primera instancia se obstaculiza su implementación por la inversión inicial, la cual depende de la magnitud del proyecto; capital que se recupera en el tiempo, logrando concebir electricidad en condiciones de gratuidad en el largo plazo, pues según (SUNCOLOMBIA, 2019), un sistema fotovoltaico tiene una vida útil de 20 a 25 años. Entre los beneficios o incentivos se encuentra la exención del gravamen arancelario y la exención del IVA de los bienes asociados a la instalación según el decreto 2143 de 2015.

De acuerdo al análisis de cada pregunta realizada, se prevé un exceso de demanda del producto “sistema fotovoltaico” pues en los dos parques se percibe la aceptación y/o viabilidad por parte de los encuestados, hacia la implementación de este tipo de tecnología limpia para la generación de energía eléctrica. Lo anterior se determinó en función del consumo energético que para el PNN Cueva de los Guácharos es de 4,884 kWh/día, en el Parque Alto de los Ídolos una cantidad de 8,015 kWh/día, el costo calculado, las preferencias del consumidor, la información que éste tiene sobre el producto, lo que estaría dispuesto a pagar el consumidor, la utilidad o bienestar que el bien produzca, la presencia de bienes que puedan remplazarlo y la existencia de políticas definidas para su implementación.

5.3.3 Oferta

Se realizó la solicitud de información a Cámara de Comercio sobre el compendio de empresas en zona sur del Huila, dedicadas a la fabricación, instalación o comercialización de sistemas fotovoltaicos situadas en la sección D que corresponde al suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado, aportando un registro de 8 empresas vinculadas al sector energético.

Los datos proporcionados, revelan que en el sur del Huila no existen empresas dedicadas a la actividad de fabricación, instalación de sistemas fotovoltaicos. Pues en su mayoría se dedican al mantenimiento y reparación de servicios eléctricos, generación de energía eléctrica convencional, como la electrificadora del Huila S.A E.S.P, la única con sede en el Municipio de Pitalito, lugar más cercano del área de influencia, como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 16. Compendio de empresas dedicadas al sector energético en el Huila

| CÁMARA DE COMERCIO DE NEIVA | | | |
|--|---------------------|-------------|--|
| DEPARTAMENTO DE FORTALECIMIENTO EMPRESARIAL | | | |
| BASE DE DATOS | | | |
| Número de empresas | | | |
| | Valores | | |
| Etiquetas de fila | Cuenta de MUNICIPIO | Suma de NIT | Servicio |
| ☐ NEIVA | | | |
| ASOINDUCOL SAS | 1 | 9008088411 | Mantenimiento y reparacion especializada de equipo electrico |
| CLEANENERGY S.A.S | 1 | 9012160655 | Mantenimiento y reparacion especializada de maquinaria y equipo |
| ELECTRIFICADORA DEL HUILA S.A. E.S.P. | 1 | 8911800011 | Distribución, comercialización y generación de energía eléctrica Convencional |
| ENERGIA COLOMBIANA DEL SUR S.A.S. | 1 | 9009238001 | Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoria tecnica. |
| PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SAS | 1 | 9011112603 | Corretaje de valores y de contratos de productos basicos de energia Solar Fotovoltaica |
| SOHAR INGENIERIA S.A.S. | 1 | 9010119174 | Actividades de arquitectura e ingeniería y otras actividades conexas de consultoria tecnica |
| SOLAR TECH S.A.S | 1 | 9009952469 | Generacion de energia electrica |
| ☐ AIPE | | | |
| EMPRESA AGROINDUSTRIAL PRODUCTORA DE ENERGIAS RENOVABLES SAS | 1 | 9009401661 | Actividad de mezcla de combustibles |
| TOTAL GENERAL | 8 | | |

Fuente: Base de Datos Cámara de Comercio

Como dato de interés y más allegado a lo que se busca, ya al norte del Huila, se encontraron dos empresas ubicadas en la ciudad de Neiva; SOLAR TECH S.A.S dedicada a la generación de electricidad a base de la energía solar y PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SAS dedicada a brindar contratos de productos básicos de energía solar fotovoltaica. Sin embargo Cámara de Comercio no proporcionó precios ofrecidos en el mercado, se buscó vía web valores brindados por producto en estas empresas pero tampoco fue posible.

Debido a que los vendedores determinan la oferta se puede afirmar que se enfrentaría a un mercado oligopolio en el cual existen pocos vendedores que tienen cierto poder, pero no siempre son competidores agresivos.

Además existiría un desequilibrio de mercado, debido al exceso de demanda y pocas empresas que ofertan el producto para estas zonas.

5.3.4 Clientes Potenciales

Cada uno de los parques de acuerdo a su importancia de conservación, poseen una entidad gubernamental que se encarga de velar por su mantenimiento. Para el caso del PNN Cueva de los Guácharos existe la Unidad Administrativa Especial denominada Parques Nacionales Naturales de Colombia, del orden nacional, sin personería jurídica, con autonomía administrativa y financiera. Así mismo el Instituto Colombiano de Antropología e historia ICANH para el Parque Alto de los Ídolos.

Según cálculos de (Procolombia, 02), entidad encargada de promover el turismo en el país, un turista tradicional puede gastar 80 dólares al día, mientras que uno de naturaleza gasta más de 400 dólares. Lo que direcciona a explotar el turismo a base del termino ecoturismo, que permita un desarrollo sostenible en relación hombre-naturaleza.

De acuerdo a los descrito anteriormente, las entidades encargadas de velar por la administración de los parques, en intensiones de mejorar la infraestructuras de las zonas y hacer más atractivo el destino para el turista nacional y para el extranjero, se enruta proyectos de inversión, programas voluntarios a través de empresas públicas y privadas con la responsabilidad ambiental, tal como lo afirma Carlos Mario Tamayo, Subdirector de

sostenibilidad y negocios ambientales de Parques Naturales Nacionales PNN; la obligación ambiental de las empresas que trabajan cerca a las áreas los obliga a ser cuidadosos con el medio ambiente invirtiendo el 1% del total de los proyectos que desarrollan o planean desarrollar en las regiones.

La revista Dinero en el año 2013, reportó que PNN gestionó recursos a través de alianzas con el sector privado por \$ 4.820 millones para apoyar diferentes programas en Parques Nacionales Naturales de Colombia. Además, a través de recursos de Viceministerio de Turismo - Fondo Nacional de Turismo, se invirtieron \$ 2.972 Millones para el mejoramiento de la infraestructura de servicios ecoturísticos en las áreas protegidas con vocación ecoturística.

Es así como PNN y el ICANH, son los clientes potenciales vinculados a la posible inversión del sistema fotovoltaico, a través de fuentes de ingreso propias y gestionadas.

A esto se adiciona la posibilidad de incluir los demás sitios turísticos que posee el país, para impulsar, establecer e implementar proyectos que utilicen tecnología limpia a través de las condiciones climáticas dadas en determinadas zonas.

5.3.5 Comercialización

Como posible canal de distribución se estableció uno Indirecto Corto, el cual sólo tiene dos escalones, un único intermediario entre fabricante y usuario final. Este canal es habitual en la comercialización de electrodomésticos, viable para un sistema fotovoltaico.



Figura 12 Canal de Distribución del sistema fotovoltaico

El fabricante representa a los productores principales de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico, tales como panel solar, regulador, batería, inversor, cableado. En el caso de los Minoristas se identificaron las empresas SOLAR TECH S.A.S y PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY SAS como intermediarios en el mercado de referencia y finalmente el consumidor en este caso sería los parques turísticos en donde se implementen los sistemas.

5.4. ESTIMACIÓN DE LOS POSIBLE IMPACTO AMBIENTAL

Con el desarrollo de esta etapa se estimaron los impactos ambientales más significativos con la posible e hipotética ejecución del sistema fotovoltaico en cada uno de los parques.

Con base a la revisión de artículos científicos, trabajos de investigación al igual que otros documentos como planes de manejo y planes de desarrollo de cada uno de los municipios en donde se encuentran los parques objeto de estudio, se elaboró la siguiente línea base o estado actual de cada uno de los ellos en cuanto a los factores ambientales más representativos.

5.4.1 Línea Base

A continuación se relacionan los factores Bióticos de cada uno de los parques, tales como Biomas, flora y fauna.

5.4.1.1. Factores Bióticos

- PNN Cueva de los Guácharos
 - Biomas

Los biomas del Parque hacen parte del tipo general “Orobiomas del zonobioma húmedo tropical”, los cuales corresponden a Orobioma subandino Cordillera Oriental, Orobioma andino Cordillera Oriental y Orobioma de páramo Cordillera Oriental (Rodríguez et al. 2004)

En el PNN Cueva de Los Guácharos a partir del transecto realizado por el botánico Cleef (1972) citado en (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018) desde el sector de las cuevas hasta el Cerro Punta, se puede establecer que el bosque subandino comprende desde 1.649 hasta 2.450-2.550 msnm, seguido por el bosque andino hasta 2.800 msnm para pasar al subpáramo, el cual asciende hasta el Cerro Punta a 2.842 msnm. Con respecto a este transecto, el botánico en mención, afirmó que “en el Cerro Punta las vegetaciones naturales se han conservado intactas desde el bosque de 2.000 msnm hasta el páramo, sin huella de influencia humana. También la secuencia de vegetación aquí es completa, algo que casi no se encuentra en la Cordillera Oriental, lo que refleja el estado de conservación de la cobertura vegetal, como parte de su riqueza ambiental.

- Flora

La vegetación registrada para el Parque está caracterizada por 240 especies, de las cuales cuatro especies pertenecen al Reino Mycophycota (líquenes) y las 236 restantes, al Reino Plantae (plantas).

Al interior del Parque la cobertura vegetal natural de bosque contiene una representativa muestra de especies desaparecidas y casi extintas a nivel regional y local en sus ambientes naturales como el Cobre (*Magnolia colombiana*), Copachi (*Talauma henaoui*), Cedro negro o nogal (*Juglans neotropica*), Cominos, Cedros, etc. Al mismo tiempo presenta una especie nunca antes descrita como el Roble negro o Roble morado (*Colombobalanus excelsa*). (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018). Lo anterior revela la importancia de continuar protegiendo y conservando las especies que se encuentran en la actualidad para no presentar índices de extinción.

- Fauna

Según el plan de manejo 2018, en el PNN Cueva de los Guácharos se han identificado 296 especies de aves, correspondientes a 16 órdenes y 45 familias. De acuerdo con la clasificación taxonómica, de los 16 órdenes a los cuales pertenecen las especies registradas, el orden de mayor abundancia relativa es el de los Passeriformes o pájaros cantores (61,162%); seguidamente, aunque con mucha menor abundancia, se encuentran los órdenes

Apodiformes o aves con patas cortas y carecientes de dientes en su pico (9,121%) y Falconiformes o aves de presa (6,756%).

De la clase aves se reportan 20 especies que, de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), se encuentran en alguna categoría de riesgo a nivel nacional, de las cuales las categorías Vulnerable (40%) y Casi Amenazado (35%) presentan mayor abundancia y las categorías Riesgo Crítico (5%) y En Peligro (20%) presentan menor abundancia. (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018). De acuerdo a las estadísticas las especies de aves se encuentran en alerta, pues los porcentajes para todas las categorías son relativamente altos para esta clase, por lo tanto se requiere continuar con las medidas de protección y conservación, pues uno de los objetivos de conservación del Parque es Coadyuvar a la conservación del guácharo (*Steatornis caripensis*), especie emblemática y endémica de la zona, través de la protección de las cuevas formadas por el Río Suaza como sitio de reproducción de esta especie.

Para el PNN Cueva de los Guácharos se han registrado 59 especies de mamíferos, correspondientes a 11 Órdenes y 25 Familias.

➤ Parque Arqueológico Alto de los Ídolos

Del presente parque no se encontró un plan de manejo ambiental, o datos que aportaran a ello, en este sentido se tomó como referencia el plan de desarrollo 2012-2015, reportándose la siguiente información de interés.

La situación geográfica del municipio de Isnos es privilegiada porque se halla ubicado en la parte suroccidental del departamento, sobre la franja intertropical del mundo, en la cadena montañosa de los Andes y específicamente sobre la importante estrella fluvial de Colombia como es la Biorregión del Macizo Colombiano, que alberga gran parte de las riquezas en diversidad biológica y ecológica. (Torres, 2012- 2015)

Según el mismo autor la riqueza correspondiente a la fauna y a la flora que albergan los bosques ubicados en la zona alta del municipio de Isnos, tanto en el área núcleo del PNNP como en la zona de amortiguación, es importante y representativa. En flora las especies en peligro son: Roble, Amarillo, Chaquiro, Sindayo o Yolombo, Arenillo, Pino Colombiano,

Laurel, Encino, Mediocomino, Cedro negro. Los bosques nativos actuales son el proceso evolutivo natural, donde ha tenido mucho que ver la intervención del hombre.

5.4.1.2. Factores Abióticos

➤ PNN Cueva de los Guácharos

El Parque y su zona aledaña están influenciados por la alta montaña y dos fenómenos climáticos de gran importancia como son la neblina, que incide en diversas formas y los fuertes vientos que barren las partes altas, condicionando la presencia de especies vegetales.

El clima va de templado a frío, con temperatura media de 17°C, precipitación promedio anual de 2000mm, un período de lluvias entre abril y noviembre, y humedad relativa superior al 60%. La distribución temporal de la precipitación para la estación El Tabor, municipio de Palestina, departamento del Huila, termina un régimen monomodal, con un periodo húmedo que inicia en marzo, cuya máxima expresión se da en los meses de mayo y junio, terminando en los meses de septiembre y octubre. A continuación, sigue el periodo seco que inicia en el mes de noviembre, pasando por su máxima expresión en el mes de enero, para finalizar en febrero.

La zona es de relieve quebrado, representado por colinas, lomas, escarpes y terrazas, con alturas entre los 1450 msnm en la vereda la Ilusión y los 2840 msnm en Cerro Punta.

En cuanto a la hidrografía a este territorio pertenece a las subcuencas de los ríos Suaza (70%) y Guarapas (30%), afluentes del Magdalena, y en esa misma proporción a los municipios de Acevedo y Palestina.

Los factores de presión incidentes en el Parque, generados en esta zona, se fundamentan en la ampliación de la frontera agropecuaria, uso insostenible de la biodiversidad, inadecuadas prácticas de producción y uso del suelo y aumento en la densidad poblacional. El estudio revela que existe inadecuado uso del suelo en las veredas Mensura, Pinos y Tocora son las más degradadas ambientalmente por la ampliación de la frontera agrícola.

➤ Parque Arqueológico Alto de los Ídolos

Según el (Torres, 2012- 2015), el comportamiento climático en la región está representado por fenómenos de avalanchas, avenidas torrenciales, inundaciones, sequías, heladas, neblinas, presentes por la variedad de altitudes, pisos térmicos y diferentes condiciones topográficas, asociadas a los cambios climáticos, intensidad, deficiencia y frecuencia de lluvias, características de la dinámica fluvial, topografía, pendientes, otros factores como cobertura vegetal, la acción antrópica, y los fenómenos de la niña y niño, son factores que conjugados han tenido gran impacto en cuanto a cambios climáticos.

A nivel geomorfológico según la misma fuente, Isnos cuenta con relieves planos a moderadamente inclinados, relieves ligeramente quebrados a moderadamente inclinados, con pendiente y erosión ligera, relieve moderadamente quebrados, relieves fuertemente quebrado y relieve generalmente escarpado. La topografía del casco urbano presente es de carácter ondulado, con pocas zonas planas en donde se han ubicado centros deportivos como el campo de fútbol y canchas deportivas escolares.

El componente hidrográfico del municipio está constituido por la Cuenca del río Magdalena. El recurso hídrico lo conforman las subcuencas del río Mazamorra y el río Bordones, con sus afluentes, las que vierten sus aguas al río Magdalena (Torres, 2012-2015), la disponibilidad de agua para actividades tan diversas como el consumo humano, el riego de cultivos o las necesidades industriales están haciendo que su obtención sea cada vez más problemática. Pese a ser un recurso abundante en nuestro municipio, el agua es un recurso sobre el cual se ejerce una amplia demanda, considerando que en el municipio se desarrollan fundamentalmente las actividades agrícolas y ganaderas.

Según el plan de desarrollo 2012- 2015, el uso del suelo que se le da a Isnos se relaciona con las actividades productivas en el campo agrícola, pecuario, forestal, y con la explotación del recurso bosque, en la zona de influencia del Parque Natural Nacional Puracé. La problemática generada en cuanto al tratamiento y disposición final de residuos sólidos, es un factor determinante en la contaminación de aguas, suelos, aire y paisaje, lo que ha llevado a acentuar el problema de deterioro ambiental y salud pública.

5.4.1.3. Factores socioeconómicos y culturales

➤ PNN Cueva de los Guácharos

De acuerdo con la Información oficial del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) citado en (Municipio de Palestina Huila, 2012-2015), obtenida a partir de los censos de población de los años 1.993 y 2.005, para el año 2.011 el Municipio de Palestina cuenta con 11.035 Habitantes, de los cuales 17.6% se ubican en la zona Urbana y 82.4% en el área rural, obteniendo una densidad de 50 habitantes por Kilómetro Cuadrado. Estas cifras contrastan con las del Departamento del Huila, donde el 40.1% de sus habitantes se localizan en zona Rural y el 59.9% restante en zona urbana.

Según (Pulecio, 1993) citado (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018), las actividades productivas en el sector primario es la agrícola, relacionada con los cultivos de plátano, yuca y cacao. En los últimos años ha disminuido el cultivo ilícito de la coca. La ganadería extensiva de baja tecnificación es la actividad pecuaria más importante en la zona.

Esta región, además de poseer una altísima diversidad natural, como las cuevas de los Guácharos, Cueva del Indio con sus formaciones calcareas, el Lapiaz, La Cascada Cristales y La Cascada Lindosa ha sido considerada centro de diversidad cultural y de manejo ambiental a partir de patrones culturales, relacionados con garantizar la permanencia del medio natural necesario para la integridad y o resaltar los valores escénicos y paisajísticos de un área particular. (Rodríguez I. , Velasquez, Herrera, & Trujillo, 2018)

Además, citando los mismos autores, exponen que en épocas precolombinas, la región del Piedemonte cerca al parque, era un lugar de encuentro de los sabios indígenas de diversos pueblos amazónicos y andinos que se reunían para compartir sus conocimientos sobre la naturaleza y su concepción del mundo. Dicho antecedente dio paso a la consolidación de los actuales pueblos indígenas: Awa, Embera, Inga, Kansa, Kofan, Koreguaje, Huitoto, Nasa Páez, Pasto Siona y Yanaconas, etnias de gran importancia cultural, las cuales merecen apoyo y protección.

➤ Parque Arqueológico Alto de los Ídolos

Con base a las proyecciones de población DANE 2005 - 2020 para el año 2012, citado en (Torres, 2012- 2015) en el Municipio se registra una población total de 26.101 habitantes, de la cual 10.166 hombres y mujeres se encuentran vinculadas a la Red UNIDOS que corresponde al 39% del total de la población municipal

El comportamiento de la economía municipal refleja la prevalencia de los sectores agrícola y pecuario, pero sin signos reales de procesos de agro industrialización, pues ella es fundamentalmente artesanal. Otro sector dinámico es el sector terciario, el cual se destaca por el importante papel que juega el sector comercial y de transporte, (Torres, 2012- 2015) , sin embargo a pesar de las variadas actividades generadoras de ingreso, según la mis fuente el nivel de ingresos, no supera los 130 mil pesos mensuales, y La tasa de desempleo en los pobres extremos alcanza el 13%, con una proporción altamente significativa del subempleo que llega al 89% de la población, situación que genera una estabilidad económica en las familias y por tanto limita sus proyecciones financieras y de desarrollo a corto y mediano plazo.

Teniendo en cuenta el mismo autor, la prestación del servicio de energía es aceptable en el área urbana y deficiente en la rural debido principalmente a los costos que se requieren para llevar la energía a estas áreas alejadas y con una topografía que incrementa los costos de transporte. El municipio de Isnos cuenta con una subestación de energía que se encarga de la regulación y distribución de la energía en todo el municipio. El servicio de iluminación de las calles no alcanza la totalidad de la cobertura urbana y la prestación de este servicio es deficiente, presentándose varias calles en completa oscuridad.

A nivel cultural, en su territorio se encuentran sitios de interés arqueológico que permite el turismo, base importante de su economía, pues según el plan de desarrollo del municipio manifiesta uno de los hechos importantes cuando en 1995 la se presenta el cinco de la UNESCO (Código C-744 de la UNESCO), declara los Parques Alto de las Piedras y Alto de los Ídolos como PATRIMONIO HISTÓRICO Y CULTURAL DE LA HUMANIDAD. El Parque Arqueológico Alto de los Ídolos y Alto de las Piedras tiene gran importancia

histórica debido a la existencia de ejemplos únicos de estructuras funerarias de la cultura agustiniana y la presencia de policromía en algunas de estas estructuras y en la estatuaria.

5.4.2. Lista de Chequeo

A través de la línea base establecida anteriormente, se aplicó una lista de chequeo (ver tabla 17, en la que se pudieron identificar las actividades generadoras de impacto asociadas a los sistemas fotovoltaicos, sobre cada uno de los factores bióticos, abióticos y socioeconómico-culturales, de los parques en cuestión, durante las fases de construcción, Operación y Abandono del futuro proyecto.

Seguidamente se da una breve descripción de cada una de las fases mencionadas anteriormente, de acuerdo a (Ortiz & Chacon, 2018)

Fase de Construcción: En esta etapa se ejecuta la adecuación y el montaje de la infraestructura del sistema fotovoltaico

Fase de operación: Es aquí donde el sistema realiza el ciclo necesario para convertir la energía solar en energía eléctrica que posteriormente será utilizada para el funcionamiento del sistema eléctrico de los electrodomésticos en cada uno de los parques.

Fase de Abandono: En esta parte se deben proponer medidas correctivas para mitigar el impacto generado por los componentes del sistema que han llegado al final del ciclo de vida útil y afectan a cada uno de los elementos que conforman el medio ambiente (abiótico, biótico y socioeconómico-cultural).

Tabla 17. Lista de Chequeo. Actividades Generadoras de Impacto

| ACTIVIDADES GENERADORAS DE IMPACTO AMBIENTAL | | FACTORES AMBIENTALES | | | | | |
|--|---|----------------------|----|----------|----|----------------------------|----|
| | | Biotico | | Abiotico | | Socio economico y cultural | |
| | | SI | NO | SI | NO | SI | NO |
| CONSTRUCCION | Transporte de maquinaria, equipos y materiales | X | | X | | | X |
| | Construcción de vías de acceso. Canaletas y cableado | X | | X | | | X |
| | Cercado del terreno | | X | | X | | X |
| | Limpieza y adecuación del terreno | X | | X | | | X |
| | Excavación de cimientos | X | | X | | | X |
| | Fabricación del módulo | | X | | X | | X |
| | Fabricación estructura de soporte | | X | | X | | X |
| | Fabricación de baterías | | X | | X | | X |
| | Montaje de soportes y paneles | | X | | X | X | |
| | Pruebas y puesta en marcha | | X | X | | | X |
| | Entrenamiento, servicios del personal de la región | | X | | X | X | |
| | Manejo y disposición de residuos | X | | X | | X | |
| | Cuidados al patrimonio arqueológico, cultural o histórico que puedan hallarse en el sitio | | X | | X | X | |
| OPERACIÓN | Generación de energía | | X | X | | X | |
| | Mantenimiento Preventivo y correctivo | | X | | X | | X |
| | Manejo y disposición de residuos | X | | X | | X | |
| ABANDONO | Desmontaje de paneles | | X | | X | | X |
| | Desmontaje de estructuras | | X | | X | | X |
| | Gestión de residuos sólidos | X | | X | | X | |
| | Recuperación de suelos | X | | X | | | X |

Posteriormente se seleccionaron aquellas actividades que SI fueron susceptibles a producir alteraciones, para con ellas determinar los posibles Impactos Ambientales. Una vez identificados se seleccionaron aquellos de mayor importancia o más significativos, haciendo uso de la metodología propuesta por Conesa (1995). Dicho procedimiento se relaciona en una matriz (ver tabla 19), en la cual se evaluó cada impacto, mediante 10 criterios diferentes, los cuales se detallan en el (ver tabla 18), asignando el signo (+) ó (-) según se halla generado un beneficio o perjuicio sobre el factor al final de aplicarse la

formula, para realizar todo lo descrito anteriormente se tuvieron en cuenta los siguientes autores (Hoyos & Hernandez, 2017).

Tabla 18. Criterios para la evaluación de la importancia del impacto

| Criterio | Descripción | Calificación | Valor |
|--------------------------------------|---|---------------|-------|
| Carácter (CA) | Si la acción genera un cambio que puede considerarse benéfico o perjudicial. | Positivo | (+1) |
| | | Negativo | (-1) |
| Cobertura (CO) | Tiene en cuenta la superficie espacial afectada por una acción determinada. Se refiere al área de influencia teórica del efecto, en relación con el entorno del proyecto (% del área en que se manifiesta el efecto, respecto al entorno. | Puntual | 1 |
| | | Local | 4 |
| | | Regional | 8 |
| Magnitud (MG) | Intensidad o grado de incidencia o de cambio que una acción produce sobre un factor ambiental considerado. Siempre está en función de la variación de las condiciones iniciales del área. | Baja | 1 |
| | | Media | 4 |
| | | Alta | 8 |
| Duración (DR) | Hace referencia a la escala temporal en la cual actúa un determinado efecto. | Fugaz | 1 |
| | | Temporal | 4 |
| | | Pertinaz | 8 |
| | | Permanente | 12 |
| Reversibilidad (RV) | Tiene en cuenta la posibilidad, dificultad o imposibilidad que tiene el factor ambiental de retornar a la condición anterior, por la sola acción de mecanismos naturales. | Corto Plazo | 1 |
| | | Mediano Plazo | 4 |
| | | Largo Plazo | 8 |
| | | Irreversible | 12 |
| Recuperabilidad o mitigabilidad (RC) | Se refiere a la posibilidad de reconstrucción parcial o total del factor afectado como consecuencia de la acción del proyecto considerada, mediante la introducción de medidas de manejo | Corto Plazo | 1 |
| | | Mediano Plazo | 4 |
| | | Largo Plazo | 8 |
| | | Irrecuperable | 12 |
| Periodicidad (PE) | Se tiene en cuenta la aparición del evento impactante a través del tiempo. | Irregular | 1 |
| | | Periódico | 4 |
| | | Discontinuo | 8 |
| | | Continuo | 12 |
| Tendencia o | Da idea del incremento progresivo de | Simple | 1 |

| Criterio | Descripción | Calificación | Valor |
|--|---|--------------|-------|
| Acumulación (TD) | la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada y reiterada la acción que lo genera. También puede entenderse como el efecto que se presenta como resultado de nuevas actividades en un sitio en el cual han existido procesos anteriores. | | |
| | | Acumulativo | 2 |
| Tipo (TP) | Relación causa-efecto, es decir la manera como se manifiesta un efecto sobre un factor ambiental, como consecuencia de una acción determinada. | Indirecto | 1 |
| | | Directo | 2 |
| Posibilidad de Ocurrencia (PO) | Hace alusión al nivel de certeza que existe frente a la presencia o no del fenómeno o efecto determinado, de acuerdo con la experiencia de los profesionales. | Bajo | 1 |
| | | Media | 4 |
| | | Alta | 8 |
| Es la suma de los valores que adquiere cada criterio de evaluación, según las siguientes fórmulas: | | | |
| Importancia (I) | $I = - CA * (3MG + 2CO + DR + RV + RC + PE + TD + TP + PO)$ Impacto Negativo | | |
| | $I = + CA * (3MG + 2CO + DR + RV + RC + PE + TD + TP + PO)$ Impacto positivo | | |

Fuente: (Hoyos & Hernandez, 2017) Adaptada por Autor

Tabla 19. Matriz de Connesa

| ESTIMACION DE IMPACTOS AMBIENTALES MAS SIGNIFICATIVOS EN LOS DOS PARQUES | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|----|-------------|----|----|-----------------|----|----|----|----|-----|-----|
| IMPACTOS POSITIVOS | | | IMPACTOS NEGATIVOS | | | | | | | | | | | |
| | Poco importante | Menor a +25 | | | Irrelevante | | | Menor a -25 | | | | | | |
| | Importante | Entre +25 y +50 | | | Moderado | | | Entre -25 y -50 | | | | | | |
| | Muy Importante | Mayor a +50 | | | Severo | | | Entre -50 y -75 | | | | | | |
| | | | | | Critico | | | Mayor a -75 | | | | | | |
| MATRIZ DE CONESA | | | CRITERIOS DE EVALUACION | | | | | | | | | | | |
| FACTORES AMBIENTALES | ACTIVIDADES GENERADORAS DE IMPACTO | IMPACTOS AMBIENTALES | CA | CO | MG | DR | RV | RC | PE | TD | TP | PO | I | |
| ABIOTICOS | Geomorfología | Excavación de cimientos | Modificación en la forma del terreno | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -12 |
| | Suelo | Construcción de vías de acceso. Canaletas y cableado | Alteración en la calidad de los suelos | 1 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | -27 |
| | | Manejo y disposición de residuos | | | | | | | | | | | | |
| | | Limpieza y Adecuación del terreno | | | | | | | | | | | | |
| | Transporte de maquinaria, equipos y materiales | | | | | | | | | | | | | |
| Aire | Generación de energía Limpia | Cambios en la calidad del aire | 1 | 8 | 8 | 12 | 8 | 8 | 12 | 2 | 2 | 8 | +92 | |
| Agua | Manejo y disposición de residuos | Alteración de la calidad del agua | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -12 | |

| ESTIMACION DE IMPACTOS AMBIENTALES MAS SIGNIFICATIVOS EN LOS DOS PARQUES | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|---|--|-------------------------|----|-------------|----|----|-----------------|----|----|----|----|-----|-----|
| IMPACTOS POSITIVOS | | | | IMPACTOS NEGATIVOS | | | | | | | | | | | |
| | Poco importante | Menor a +25 | | | | Irrelevante | | | Menor a -25 | | | | | | |
| | Importante | Entre +25 y +50 | | | | Moderado | | | Entre -25 y -50 | | | | | | |
| | Muy Importante | Mayor a +50 | | | | Severo | | | Entre -50 y -75 | | | | | | |
| | | | | | | Critico | | | Mayor a -75 | | | | | | |
| MATRIZ DE CONESA | | | | CRITERIOS DE EVALUACION | | | | | | | | | | | |
| FACTORES AMBIENTALES | | ACTIVIDADES GENERADORAS DE IMPACTO | | IMPACTOS AMBIENTALES | CA | CO | MG | DR | RV | RC | PE | TD | TP | PO | I |
| BIOTICOS | Flora | Transporte de maquinaria, equipos y materiales | Cambios en la cobertura vegetal | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | -16 |
| | | Limpieza y Adecuación del terreno | | | | | | | | | | | | | |
| | Fauna | Transporte de maquinaria, equipos y materiales | Desplazamiento de poblaciones faunísticas | 1 | 4 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | -21 |
| SOCIO ECONOMICOS Y CULTURALES | Aspectos Económicos | Entrenamiento, servicios del personal de la región | Generación de empleo | | | | | | | | | | | | |
| | Aspectos Tecnológicos | Entrenamiento del personal | | 1 | 4 | 8 | 8 | 8 | 8 | 12 | 2 | 2 | 8 | +80 | |
| | Aspectos Sociales | Generación de energía Limpia | | | | | | | | | | | | | |
| | Aspectos Culturales | Cuidados al patrimonio arqueológico, cultural o histórico | Defensa del patrimonio arqueológico y cultural | 1 | 4 | 4 | 8 | 1 | 1 | 8 | 2 | 2 | 4 | +46 | |

En este orden de ideas, con las actividades susceptibles a producir alteración en los factores ambientales seleccionadas en la lista de chequeo, se identificaron ocho (8) impactos que podrían presentarse en ambos parques debido a la línea base establecida, los cuales fueron evaluados en la siguiente matriz para determinar su nivel de importancia, de acuerdo a la siguiente escala. Los rangos de valoraciones para cada ítem se encuentran dentro de la matriz. Ver tabla 19

Impactos positivos (+): Poco importante, Importante, Muy Importante.

Impactos Negativos (-): Irrelevante, Moderado, Severo, Critico.

De acuerdo a la evaluación de cada uno de los impactos establecidos haciendo uso de la Matriz de Connesa, con el fin de determinar cualitativa y cuantitativamente el grado de importancia, reveló que los más significativos y de gran valores fueron los plasmados en la siguiente tabla.

Tabla 20 Resultado de los Impactos Positivos más significativos y de mayor importancia

| Impactos más Significativos | Valor de importancia cuantitativo | Valor de Importancia cualitativo |
|---------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Cambios en la Calidad del Aire | +92 | Muy Importante |
| Generación de Empleo | +80 | Muy Importante |
| Defensa del Patrimonio Arqueocultural | +46 | Importante |

En este sentido, uno de los impactos ambientales positivos más favorables con la ejecución de este proyecto es una mejoría en la calidad del aire localmente a largo plazo con la utilización de estas tecnologías limpias y energía renovable. Según el cálculo más reciente que realizó la Unidad de Planeación Minero Energética UPME, sobre el factor de emisión de CO₂/Wh en Colombia se estipula en la tabla 21.

Tabla 21. Emisiones de CO₂ con energía eléctrica convencional

| Consumo diario (Wh) | Consumo anual (Wh) | Factor de emisión (g de CO ₂ /Wh) | g de CO ₂ anuales |
|---------------------|--------------------|--|------------------------------|
| 1.579 | 576.335 | 0,374 | 215.549 |

Fuente: (Mendez & Rivera, 2015)

Dado lo anterior se podría afirmar que la implementación de este sistema fotovoltaico en cada uno de los parques traería una disminución en la emisión de dióxido de carbono CO₂, agente principal en la destrucción de la capa de ozono para el ambiente, especialmente apunta a mejorar la calidad del aire que respiran los turistas, operadores y administradores. Adicional a ello pero en menor valoración, se encuentran un aumento en la generación de empleo en la zona de influencia, pues las personas de los alrededores podrían ser los encargados de realizar los mantenimientos preventivos y correctivos del sistema al igual que capacitarse en campos afines, al mismo tiempo de defender el la riqueza natural, cultura y patrimonio arqueológico, todo esto con el fin de disponer valor agregado a la región.

A continuación se registra el único impacto que en la evaluación tuvo un valor a dar manejo.

Tabla 22. Resultado de los Impactos Negativos más significativos y de mayor importancia

| Impactos más Significativos | Valor de importancia cuantitativo | Valor de Importancia cualitativo |
|--|--|---|
| Alteración en la calidad de los suelos | -27 | Moderado |

Con una puntuación de (-27) el impacto “Alteración a la calidad del suelo”, se presenta en calidad de moderado según la escala para impactos negativos. No es un impacto crítico ni severo, solo alerta a que las actividades susceptibles a generar este impacto deben realizarse con una debida precaución, pues la mayor causante seria la inadecuada disposición de residuos sólidos, durante las etapas principalmente de abandono o cuando el sistema fotovoltaico cumple su vida útil. La clave para que este impacto no aumente su grado es tener un plan de manejo de residuos. Por lo tanto se puede afirmar que el sistema fotovoltaico en los dos parques es ambientalmente viable.

6. CONCLUSIONES

- ✓ Se estimó la demanda energética de los electrodomésticos a energizar en cada sitio turístico, obteniéndose 4,884 kW/día para el PNN Cueva de los Guacharos y 8,015 kW/día para el parque Alto de los Ídolos.
- ✓ El modelo fotovoltaico diseñado es suficiente para abastecer funcionalmente la demanda de energía en cada uno de los parques, quedando demostrada su eficiencia mediante la simulación realizada.
- ✓ De acuerdo a la caracterización de mercado, se estableció que el implementar un sistema fotovoltaico en los sitios estudiados, es de gran aceptación para los turistas, lo que puede generar un foco de desarrollo sostenible tanto para el medio como para la población de la región surcolombiana.
- ✓ Para la implementación del proyecto se identificaron impactos significativos de gran importancia en el ámbito social, económico y ambiental; de igual forma se establecieron impactos negativos moderados que pueden alterar el ecosistema durante la fase de construcción.

7. REFERENCIAS

- Alvarez, M., Bateman, C., Quintero, I., & Ramirez, P. (2007). *Plan de manejo del parque arqueológico de San Agustín, Componente Conservación*. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia – ICANH.
- Ambientes y Soluciones. (17 de 02 de 2019). Obtenido de https://www.ambientesoluciones.com/sitio/productos_mo.php?it=5098
- AutoSolar. (19 de 12 de 2019). Obtenido de <file:///C:/Users/WEC/Desktop/panel%20seleccionado.pdf>
- Bordons, C., Garcia, F., & Valderverde, L. (2015). *Gestion optima de la energia en Microrredes con generacion Renovable*. España: Elsevier España S.L.U.
- Calvo, F. (2009). *ANALISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ELECTRICA USANDO ENERGIA SOLAR PARA USO RESIDENCIAL*. Medellín: Universidad de San Buenaventura.
- Casa, M., & Barrio, M. (2012). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Barcelona: Marcombo.
- como se cita en Olmos, S., Espinosa, C., Clementina, I., Zavala, A., & Guadarrama, F. (2011). *Cambio climatico Global a través del tiempo Geologico*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.
- Congreso de la Republica. (2014). *Ley 1715* . Bogotá Colombia: Gobierno Nacional.
- Decreto 2041. (2014). *por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales*. Bogotá: Congreso de la Republica.
- Delgado Ramos, J., Molina Calderon, D., Velez Burgos, R., Claros, Y., Ceron, F., Burgos Figueroa, L., . . . Burgos, L. (2013). *Estudio de impacto ambeintal proyecto ecoturistico Laguna de Guatipan*. . Pitalito Huila (10-86).
- Electrificadora del Huila S.A E.S.P. (2015). *Informe de Gestion* . Bogotá D.C - Neiva 2016: Puntoaparte Bookvertising.
- Eraso checa, F., & Erazo De la Cruz, O. (2015). *Potencial Natural para el Desarrollo Fotovoltaico en Colombia*. Colombia: Libros UNIMAR.
- Figueroa, O. (11 de 12 de 2018). *Arquitectual*. Obtenido de ALTO de los IDOLOS, Alto de los Hombres, el mas alto Alto de los dioses (San Jose de Isnos H. Colombia): <http://oefv.blogspot.com/2007/10/ooo.html>

- Franco, C., Dyner, I., & Hoyos, S. (2008). *CONTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA AL DESARROLLO DE COMUNIDADES AISLADAS NO INTERCONECTADAS: UN CASO DE APLICACIÓN DE LA DINÁMICA DE SISTEMAS Y LOS MEDIOS DE VIDA SOSTENIBLES EN EL SUROCCIDENTE COLOMBIANO*. Medellín: Facultad de Ingenierías, Universidad de Antioquia.
- Galviz, J., & Gutierrez, R. (2014). *PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA PARA LA POBLACIÓN WAYUU EN NAZARETH CORREGIMIENTO DEL MUNICIPIO DE URIBIA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA – COLOMBIA*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios.
- Giraldo Uribe, J. (2015). *Modelo de huella ecologica turistica experiencial: El caso del desierto de la tatacoa*. Neiva, Huila: universidad surcolombiana.
- Gómez-Ramírez, J., Murcia-Murcia, J. D., & Cabeza-Roja, I. (2017). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS*. Bogota, Colombia: Facultad de Ingeniería Mecánica.
- Gonzalez, C., Molina, D., & Cardenas, L. (11 de 12 de 2018). *Boletin Estadistico Mensual Marzo 2017*. Obtenido de SITYC HUILA: <http://turismo.huila.gov.co/storage/app/uploads/public/59d/415/1b6/59d4151b6b02a946981332.pdf>
- Gonzalez, V. (2008). *COMPONENTE ARQUEOLÓGICO Plan de Manejo-Parque Arqueológico de San Agustín, Huila*. San Agustín: Instituto Colombiano de Antropología e Historia - ICANH.
- Guasch M, D. (2003). *Modelado y Analisis de sistemas fotovoltaicos*. Barcelona: Universidad politecnica de Catalunya, Departamento de Ingenieria Electronica.
- Guevara, C., & Perez, M. (2015). *ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A LA GRANJA LA FORTALEZA UBICADA EN MELGAR-TOLIMA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO*. Bogotá DC: Universidad Libre Facultad de Ingeniería Departamento de Ingeniería Ambiental.
- Hidroar S.A. (20 de 02 de 2019). *Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales*. Obtenido de <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>

- Hoyos, O., & Hernandez, J. (2017). *ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 10 KW, CASO “HOSPITAL LOCAL DE TENERIFE, MAGDALENA.”*. Bogotá D.C: Universidad Francisco Jose de Caldas.
- IDAE. (2002). *Instalaciones de energia solar termica*. España.
- IDAE. (2009). *Pliego de Condiciones Tecnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. Madrid: Instituto para la Diversificacion y Ahorro de Energia.
- Jimenez, T. (2014). *Energias Renovables y Turismo Comunitario: Una apuesta conjunta para el desarrollo humano sostenible en las comunidades rurales*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Ladino, R. (2011). *La energia solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia caso: vereda Carupana, Municipio de Tauramena departamento de Casanare*. Bogotá D.C: Pontificia Universidad Jveriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales.
- Ledesma, P. (2007). *El sector energetico colombiano y las energias renovables*. Revista Pag 79.
- ley 99. (1993). *por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposici*. Bogotá: Ministerio de Ambiente.
- López, M., & Páez, L. (2017). *Diseño y Dimensionamiento de un Generador Solar Fotovoltaico y sus Componentes, para la Producción de Energía Eléctrica presentando como zona experimental el Municipio de Tibasosa Boyacá*. Tunja: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente .
- Lozada, J. (2014). *Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Indoamérica. CIENCIAMÉRICA, N° 3 pp (34-39).
- Mendez, A., & Rivera, C. (2015). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD ICESI*. SANTIAGO DE CALI: UNIVERSIDAD ICESI FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

- Mendez, J., & Cuervo, R. (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid, España: FC Editorial 2ª Edición.
- Municipio de Palestina Huila. (2012-2015). *Acuerdo No 009 por el cual se adopta el Plan de Desarrollo Municipal*. Palestina Huila.
- ONU. (1992). *Informe Brundtland: Comisión Mundial Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. Rio de Janeiro: Asamblea General.
- Orellana, E. (2009). “*Determinación de áreas con potencial para la instalación de plantas de energía termoeléctrica solar. Caso de estudio: III Región de Atacama.*”. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política Instituto de Geografía.
- Ortiz, M., & Chacon, D. (2018). *VALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR (VEREDA LA CECILIA VILLAVICENCIO-META-COLOMBIA)*. VILLAVICENCIO (META): UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA FACULTAD DE INGENIERÍAS INGENIERÍA CIVIL.
- Perez, J. A. (2004). *Estudio de la aportación de la energía solar térmica y el uso de equipos de elevada eficiencia energética a un modelo de construcción sostenible. Desarrollo de un caso práctico*. España.
- Procolombia. (2019 de 01 de 02). *Exportaciones Turismo Inversion Marca Pais*. Obtenido de <http://www.procolombia.co/>
- Rodríguez J, N. (2007). *Proyecto de Gestión Local. Parque arqueológico de San Agustín y Alto de los Ídolos*. Instituto Colombiano de Antropología e Historia.
- Rodríguez, C. G., & Sarmiento, A. (2010). Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar. *Ingeniería Mecánica*. Vol. 14. No. 1. ISSN 1815-5944, p. 13-21.
- Rodríguez, I., Velasquez, H., Herrera, G., & Trujillo, F. (2018). *Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos*. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Rodríguez, I., Velasquez, H., Herrera, G., & Trujillo, F. (2018). *PLAN DE MANEJO PARQUE NACIONAL NATURAL CUEVA DE LOS GUÁCHAROS 2018-2023*. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia DIRECCIÓN TERRITORIAL ANDES OCCIDENTALES.
- Rodríguez, M. (2007). *DOCUMENTACIÓN PARA LA FORMULACIÓN DEL COMPONENTE DE DIVULGACIÓN EN LOS PLANES DE MANEJO DE LOS PARQUES ARQUEOLÓGICOS DE SAN AGUSTÍN, ALTO DE LOS ÍDOLOS Y*

SUS ÁREAS DE INFLUENCIA. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Rodriguez, N. (2007). *Proyecto de Gestión Local. Parque arqueológico de San Agustín y Alto de los Ídolos*. Bogotá: Instituto Colombiano de Antropología e Historia.

Sanchez, M. A. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. Mexico: Limusa S.A.

Sanchez, M. A. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. México : Limusa S.A.

Sanjuan Cigales, J. (2013). *Estudio y simulacion de un sistema fotovoltaico de conexion a red*. España: Universidad politecnica de Valencia.

SUNCOLOMBIA. (20 de 02 de 2019). Obtenido de <http://www.suncolombia.com/producto/bateria-leoch-lpg12-20012v-200ah/>

Toledo Arias, C. (2013). *Evaluacion de la energia solar fotovoltaica como solucion a la dependencia energetica de zonas rurales de colombia* . Cartagena : universidad politecnica de Cartagena .

Torres, J. (2012- 2015). *Plan de desarrollo “Unidos por la recuperación de Isnos como debe ser”*. San Jose de Isnos: Alcaldia del Municipio de San Jose de Isnos.

Torres-Alvarez, O., & Peña-Cortés, F. (2011). *Zonificacion del potencial energetico de la biomasa residual forestal en la cuenca del lago Ranco*. Chile: Bosque (Valdivia).

Tovar, N. (2018). *IMPACTO GENERADO A LA IDENTIDAD DE LA COMUNIDAD INDÍGENA YANACONA POR EL TURISMO EN EL PARQUE ARQUEOLÓGICO EN EL MUNICIPIO DE SAN AGUSTÍN (HUILA)*. NEIVA (HUILA): UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA.

Unidad Administrativa Especial del Sistema de PNN. (2005-2009). *Plan de Manejo Parque Nacional Natural Cueva de los Guacharos*. Bogotá.: Mministerio de Ambiente Vivienda y desarrollo territorial.

ANEXOS

Anexo 1. Procedimiento en el Software MatLab para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico en los dos Parques.

-Programación en Matlab del sistema Fotovoltaico

```
% TESIS DE GRADO MAESTRÍA ANGELA M. CALDERÓN
%*****
% DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN GUÁCHAROS Y ALTO DE LOS
ÍDOLOS

%////////////////////////////////////

% 1. DATOS INICIALES //
%////////////////////////////////////

% Datos de la radiación solar promedio diaria mensual W/m2.
RPurace = [1.966 2.032 1.759 1.759 1.701 1.521 1.359 1.661 1.851 2.094
2.175 2.157];
RGuacharos = [1.804 1.603 1.366 1.416 1.356 1.347 1.381 1.593 1.697 1.616
1.565 1.618];

% Datos de la temperatura promedio mensual °C.
TambP = 16.160; % Tomado de la tabla de promedio de temperatura Puracé.
TambG = 16.857; % Tomado de la tabla de promedio de temperatura
Guácharos.

% Datos del panel seleccionado.
Pppanel = 0.31; % Panel de 310 W.
Vpanel = 24; % V.
TONC = 47; % °C.

% Datos de la batería seleccionada
Aut = 6; % Días de autonomía del banco.
PDm = 0.7; % Profundidad de descarga máxima permitida.
Vbat = 12; % V Tensión nominal.
CNbat = 200; % Capacidad nominal de 200 AH.

% Datos del inversor seleccionado.
EfIn = 0.98; % El inversor escogido posee una eficiencia de 98%.

%////////////////////////////////////
% 2. CÁLCULOS DEMANDA ENERGÉTICA //
%////////////////////////////////////

% Datos de la demanda energética [kwh/día].
EdP = 8.015; % Energía diaria consumida en Puracé. Datos de tabla
elaborada de consumo eléctrico.
EdG = 4.884; % Energía diaria consumida en los Guácharos. Datos de tabla
elaborada de consumo eléctrico.

% Potencia instantánea o suma de potencias de la demanda.
PotP = 2437; % Potencia consumida [W] en Puracé. Datos de tabla elaborada
de consumo eléctrico.
PotG = 1832; % Potencia consumida [W] en Puracé. Datos de tabla elaborada
de consumo eléctrico.
```

```

TempStr = ['Demanda de la energía media diaria en el Alto de los Ídolos: ', num2str(EdP), ' kWh/día'];
disp(TempStr)
TempStr = ['Demanda de la energía media diaria en Guácharos: ', num2str(EdG), ' kWh/día'];
disp(TempStr)

%////////////////////////////////////
% 3. CÁLCULOS RADIACIÓN SOLAR MEDIA EN KW.H/M2 Y HPS //
%////////////////////////////////////

% Menor valor (Crítica) medio mensual de la radiación diaria.
MinRP = min(RPurace); % Radiación media mensual más crítica en Puracé.
MinRG = min(RGuacharos); % Radiación media mensual más crítica en Guácharos.

TempStr = ['Radiación media mensual crítica en el Alto de los Ídolos: ', num2str(MinRP), ' kWh/m2'];
disp(TempStr)
TempStr = ['Radiación media mensual crítica en los Guácharos: ', num2str(MinRG), ' kWh/m2'];
disp(TempStr)

% Cálculo de las HSP.
HPSP = MinRP/1; % Horas Pico Solar en Puracé.
HPSG = MinRG/1; % Horas Pico Solar en Guácharos.

TempStr = ['Horas pico solar en el Alto de los Ídolos: ', num2str(HPSP)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Horas pico solar en los Guácharos: ', num2str(HPSG)];
disp(TempStr)

%////////////////////////////////////
% 4. FACTOR DE PÉRDIDAS DE LA INSTALACIÓN O PERFORMANCE RATIO //
%////////////////////////////////////

% Pérdidas en los paneles.
a1 = 5; % Pérdidas por dispersión. En %.
a2 = 4; % Pérdidas por suciedad y polvo. En %.
a3 = 3; % Pérdidas por reflectancia. En %.
a4 = 4; % Pérdidas por sombras. En %.

A = a1 + a2 + a3 + a4; % En %

% Pérdidas de la instalación.
PCcc = 1.5; % IDAE, 2009 Pérdidas por cableado en corriente continua máximo permisible de 1.5%.
PCca = 0.5; % IDAE, 2009 Pérdidas por cableado en corriente alterna máximo permisible de 2% y un valor
% recomendable es el 0.5%.
PDI = 5; % Pérdidas por disponibilidad de instalación (5%).
PMP = 8; % Pérdida por no seguimiento del punto de máxima potencia (8%).

B = 1 - (PCcc/100); % Pérdidas por el cableado de CC.

```



```

C = 1 - (PCca/100); % Pérdidas por el cableado de CA.
D = 1 - (PDI/100); %Pérdidas por disponibilidad.
E = EfIn; % Eficiencia del inversor.
F = 1 - (PMP/100); % Pérdida por no seguimiento del punto de máxima
potencia.

%EP = MinRP*1000; % En W/m2.
%EG = MinRG*1000; % En W/m2.

% Pérdidas por la temperatura.
% Tc = Tamb + (TONC - 20)*1000/800
TcP = TambP + (TONC - 20)*1000/800; % Temperatura de trabajo de los
paneles Puracé.
TcG = TambG + (TONC - 20)*1000/800; % Temperatura de trabajo de los
paneles Guácharos.

% Ptemp = 100*[0.0035(Tc - 25)]
PtempP = 100*0.0035 *(TcP - 25); % Pérdidas medias anuales por
temperatura Puracé.
PtempG = 100*0.0035 *(TcG - 25); % Pérdidas medias anuales por
temperatura Guácharos.

% PR = (100 - A - Ptemp)*B*C*D*E*F
PRP = (100 - A - PtempP)*B*C*D*E*F; % Performance ratio Puracé.
PRP = PRP/100;
PRG = (100 - A - PtempG)*B*C*D*E*F; % Performance ratio Guácharos.
PRG = PRG/100;

TempStr = ['Factor de pérdidas o porcentaje de rendimiento en el Alto de
los Ídolos: ', num2str(PR), ' %'];
disp(TempStr)
TempStr = ['Factor de pérdidas o porcentaje de rendimiento en Guácharos:
', num2str(PR), ' %'];
disp(TempStr)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% 5. POTENCIA REQUERIDA DEL GENERADOR O CAMPO DE PANELES FOTOVOLTAICOS //
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Cálculo potencia pico del generador [kW].
PGPurace = EdP/(HPSP*PRP); % Potencia pico del generador en Puracé.
PGGuacharo = EdG/(HPSG*PRG); % Potencia pico del generador en Guácharos.

TempStr = ['Potencia requerida del generador en el Alto de los Ídolos: ',
num2str(PGPurace), ' kW'];
disp(TempStr)
TempStr = ['Potencia requerida del generador en Guácharos: ',
num2str(PGGuacharo), ' kW'];
disp(TempStr)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% 6. CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES //
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Cálculo de número total de paneles. Es un cálculo previo, ya que, cada

```

```

% rama deberá contar con el mismo número de paneles en serie, para que
% posean la misma tensión en cada rama.
NPP = floor(PGPurace/Pppanel) + 1; % Número total de paneles en Puracé.
Número entero por debajo del decimal + 1.
NPG = floor(PGGuacharo/Pppanel) + 1; % Número total de paneles en Puracé.
Número entero por debajo del decimal + 1.

% Cálculo del número de paneles en serie.
Vnom =48; % Según tabla pág 84 instalaciones solares fotovoltaicas, sería
48 V para la potencia necesaria.
NPS = Vnom/Vpanel; % Número de paneles en serie. Igual en Puracé que en
Guácharos ya que son los mismos tipos de
        % paneles y la misma Vnom.

TempStr = ['Número de paneles en serie en el Alto de los ídolos: ',
num2str(NPS)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Número de paneles en serie en Guácharos: ', num2str(NPS)];
disp(TempStr)

% Cálculo del número de ramas en paralelo.
NRP = ceil(NPP/NPS); % Número de ramas de paneles serie en Puracé. En
valor entero por encima del decimal.
NRG = ceil(NPG/NPS); % Número de ramas de paneles serie en Guacharos. En
valor entero por encima del decimal.

TempStr = ['Número de ramas de paneles en paralelo en el Alto de los
Ídolos: ', num2str(NRP)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Número de ramas de paneles en paralelo en Guácharos: ',
num2str(NRG)];
disp(TempStr)

NPP = NPS*NRP; % Actualizo el número total de paneles en Puracé.
NPG = NPS*NRG; % Actualizo el número total de paneles en Guácharos.

TempStr = ['Número total de paneles en el Alto de los ídolos: ',
num2str(NPP)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Número total de paneles en Guácharos: ', num2str(NPG)];
disp(TempStr)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% 7. DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS //
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Cálculo dimensionamiento banco de baterías.
% Cn = 1.1*ED*Aut/(Vnom*PDm)
CnP = 1.1*EdP*1000*Aut/(Vnom*PDm); % Capacidad nominal del campo de
baterías en AH Puracé.
CnG = 1.1*EdG*1000*Aut/(Vnom*PDm); % Capacidad nominal del campo de
baterías en AH Guacharos.

% Cálculo de número total de baterías. Es un cálculo previo, ya que, cada
% rama deberá contar con el mismo número de baterías en serie, para que

```

```

% posean la misma tensión en cada rama.
NbatP = ceil(CnP/CNbat); % Número de baterías Puracé.
NbatG = ceil(CnG/CNbat); % Número de baterías Guacharos.

NbatSP = Vnom/Vbat; % Número de baterías en serie Puracé.
NbatSG = Vnom/Vbat; % Número de baterías en serie Guacharos.

TempStr = ['Número de baterías en serie en el Alto de los ídolos: ',
num2str(NbatSP)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Número de baterías en serie en Guácharos: ',
num2str(NbatSG)];
disp(TempStr)

NbatPP = ceil(NbatP/NbatSP); % Número de ramas de baterías Puracé.
NbatPG = ceil(NbatG/NbatSG); % Número de ramas de baterías Guacharos.

TempStr = ['Número de ramas de baterías en paralelo en el Alto de los
Ídolos: ', num2str(NbatPP)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Número de ramas de baterías en paralelo en Guácharos: ',
num2str(NbatPG)];
disp(TempStr)

NbatP = NbatSP*NbatPP; % Actualizo el número total de baterías en Puracé.
NbatG = NbatSG*NbatPG; % Actualizo el número total de baterías en
Guácharos.

TempStr = ['Número total de baterías en el Alto de los ídolos: ',
num2str(NbatP)];
disp(TempStr)
TempStr = ['Número total de baterías en Guácharos: ', num2str(NbatG)];
disp(TempStr)

%////////////////////////////////////
% 8. DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR //
%////////////////////////////////////

% Condiciones a cumplir por el regulador. ImáxRegulador > ImáxSistFV
% ISistFV = NumPaneles*PotPanel/Vnom
ISistFVP = NPP*Pppanel*1000/Vnom; % Corriente máxima del sistema
generador fotovoltaico Puracé.
ISistFVG = NPG*Pppanel*1000/Vnom; % Corriente máxima del sistema
generador fotovoltaico Puracé.

TempStr = ['El regulador debe soportar como mínimo: ', num2str(ISistFVP),
' A en el Alto de los ídolos'];
disp(TempStr)
TempStr = ['El regulador debe soportar como mínimo: ', num2str(ISistFVG),
' A en el Alto de los ídolos'];
disp(TempStr)

%////////////////////////////////////
% 9. DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR //
%////////////////////////////////////

```

```
% Condiciones a cumplir por el Inversor. 0.75*PotConsumoEléct > PotInv >
0.5*PotConsumoEléct
PotMinInvP = 0.5*PotP; % Potencia mínima que debe poseer el inversor de
Puracé.
PotMaxInvP = 0.75*PotP; % Potencia máxima que debe poseer el inversor de
Puracé.
```

```
TempStr = ['El Inversor en el Alto de los Ídolos debe poseer una potencia
entre: ', num2str(PotMinInvP), ' W y ', num2str(PotMaxInvP), ' W'];
disp(TempStr)
```

```
PotMinInvG = 0.5*PotG; % Potencia mínima que debe poseer el inversor de
Puracé.
PotMaxInvG = 0.75*PotG; % Potencia máxima que debe poseer el inversor de
Puracé.
```

```
TempStr = ['El Inversor en Guácharos debe poseer una potencia entre: ',
num2str(PotMinInvG), ' W y ', num2str(PotMaxInvG), ' W'];
disp(TempStr)
```

-Resultados de la programación para el dimensionamiento

```
>> CalculosGenerador
Demanda de la energía media diaria en el Alto de los Ídolos: 8.015 kWh/día
Demanda de la energía media diaria en Guácharos: 4.884 kWh/día
Radiación media mensual crítica en el Alto de los Ídolos: 1.359 kWh/m2
Radiación media mensual crítica en los Guácharos: 1.347 kWh/m2
Horas pico solar en el Alto de los Ídolos: 1.359
Horas pico solar en los Guácharos: 1.347
Factor de pérdidas o porcentaje de rendimiento en el Alto de los Ídolos: 0.63195 %
Factor de pérdidas o porcentaje de rendimiento en Guácharos: 0.62991 %
Potencia requerida del generador en el Alto de los Ídolos: 9.3325 kW
Potencia requerida del generador en Guácharos: 5.7562 kW
Número de paneles en serie en el Alto de los Ídolos: 2
Número de paneles en serie en Guácharos: 2
Número de ramas de paneles en paralelo en el Alto de los Ídolos: 16
Número de ramas de paneles en paralelo en Guácharos: 10
Número total de paneles en el Alto de los Ídolos: 32
Número total de paneles en Guácharos: 20
Número de baterías en serie en el Alto de los Ídolos: 4
Número de baterías en serie en Guácharos: 4
Número de ramas de baterías en paralelo en el Alto de los Ídolos: 2
Número de ramas de baterías en paralelo en Guácharos: 2
Número total de baterías en el Alto de los Ídolos: 8
Número total de baterías en Guácharos: 8
El regulador debe soportar como mínimo: 206.6667 A en el Alto de los Ídolos
El regulador debe soportar como mínimo: 129.1667 A en el Alto de los Ídolos
El Inversor en el Alto de los Ídolos debe poseer una potencia entre: 1218.5 W y 1827.75 W
El Inversor en Guácharos debe poseer una potencia entre: 916 W y 1374 W
fx >>
```

| Name | Value |
|-------|--------|
| A | 16 |
| a1 | 5 |
| a2 | 4 |
| a3 | 3 |
| a4 | 4 |
| Aut | 6 |
| B | 0.9850 |
| C | 0.9950 |
| CNbat | 200 |

Anexo 2. Especificaciones del panel solar seleccionado 310W 24V Policristalino Atersa

| Características eléctricas (STC: 1kW/m ² , 25°C±2°C y AM 1,5)* | | | |
|---|---------|---------|---------|
| | A-305P | A-310P | A-315P |
| Potencia Nominal (0/+5 W) | 305 W | 310 W | 315 W |
| Eficiencia del módulo | 15,78% | 15,94% | 16,19% |
| Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp) | 8,27 A | 8,35 A | 8,43 A |
| Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp) | 36,88 V | 37,14 V | 37,37 V |
| Corriente en Cortocircuito (Isc) | 8,78 A | 8,83 A | 8,88 A |
| Tensión de Circuito Abierto (Voc) | 45,97 V | 46,14 V | 46,31 V |

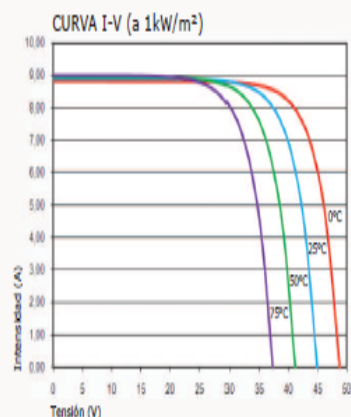
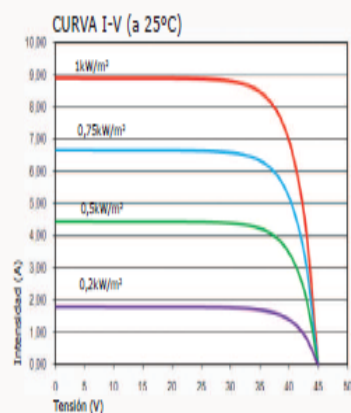
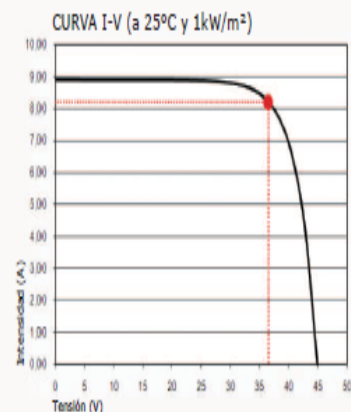
| Parámetros térmicos | |
|---------------------------------------|------------|
| Coeficiente de Temperatura de Isc (α) | 0,04% /°C |
| Coeficiente de Temperatura de Voc (β) | -0,32% /°C |
| Coeficiente de Temperatura de P (γ) | -0,43% /°C |

| Características físicas | |
|-------------------------------|---|
| Dimensiones (mm ± 2 mm) | 1965x990x40 |
| Peso (kg) | 24 |
| Área (m ²) | 1,95 |
| Tipo de célula | Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas) |
| Células en serie | 72 (6x12) |
| Cristal delantero | Cristal templado ultra claro de 4 mm |
| Marco | Aleación de aluminio pintado en poliéster |
| Caja de conexiones / Opcional | QUAD IP54 / QUAD IP65 |
| Cables | Cable Solar 4 mm ² 1250 mm |
| Conectores | MC4 o combinable MC4 |

| Rango de funcionamiento | |
|---|---|
| Temperatura | -40°C a +85°C |
| Máxima Tensión del Sistema / Protección | 1000 V / CLASS II |
| Carga Máxima Viento / Nieve | 2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m ²) |
| Máxima Corriente Inversa (IR) | 15,1 A |

*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

Curvas modelo A-305P



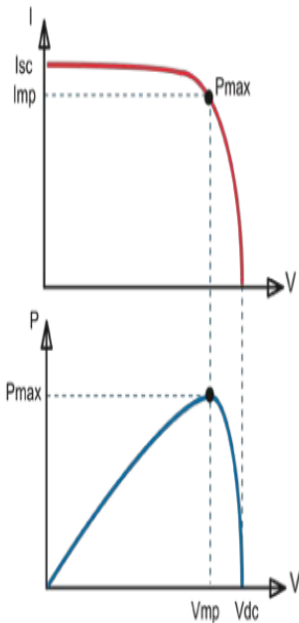
Fuente: (AutoSolar, 2019)

Anexo 3. Especificaciones de la Batería LEOCH LPG12-200(12V-200AH)

| Specification | |
|----------------------------------|--|
| Nominal Voltage | 12V |
| Nominal Capacity(20HR) | 200.0AH |
| Dimension | Length 522 ± 3mm (20.55 inches) |
| | Width 240 ± 3mm (9.45 inches) |
| | Container Height 218 ± 3mm (8.58 inches) |
| | Total Height (with Terminal) 224 ± 3mm (8.81 inches) |
| Approx Weight | Approx 62.9 kg (138.7lbs) |
| Terminal | T11 |
| Container Material | ABS |
| Rated Capacity | 200.0 AH/10.0A (20hr, 1.80V/cell, 25°C/77°F) |
| | 186.0 AH/18.6A (10hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F) |
| | 160.0 AH/32.0A (5hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F) |
| | 139.2 AH/46.4A (3hr, 1.75V/cell, 25°C/77°F) |
| | 110.0 AH/110.0A (1hr, 1.67V/cell, 25°C/77°F) |
| Max. Discharge Current | 1800A (5s) |
| Internal Resistance | Approx 3.24mΩ |
| Operating Temp. Range | Discharge : -20~55°C (-4~131°F) |
| | Charge : 0~40°C (32~104°F) |
| | Storage : -20~50°C (-4~122°F) |
| Nominal Operating Temp. Range | 25 ± 3°C (77 ± 5°F) |
| Cycle Use | Initial Charging Current less than 50.0A Voltage 14.4V~15.0V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -30mV/°C |
| | No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V~13.8V at 25°C(77°F)Temp. Coefficient -20mV/°C |
| Capacity affected by Temperature | 40°C (104°F) 103% |
| | 25°C (77°F) 100% |
| | 0°C (32°F) 86% |
| Self Discharge | Leoch LPG series batteries may be stored for up to 9 months at 25°C(77°F) and then a freshening charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter. |

Fuente: (SUNCOLOMBIA, 2019)

Anexo 4. Especificaciones del Regulador de Carga BLUESOLAR MPPT 100/30



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a V_{mp} .

| Controlador de carga BlueSolar | MPPT 100/30 | MPPT 100/50 |
|--|--|------------------|
| Tensión de la batería | Selección automática: 12/24V | |
| Corriente de carga nominal | 30A | 50A |
| Potencia FV nominal, 12V 1a,b) | 440W | 700W |
| Potencia FV nominal, 24V 1a,b) | 880W | 1400W |
| Tensión máxima del circuito abierto FV | 100V | 100V |
| Max. corriente de cortocircuito PV 2) | 35A | 60A |
| Eficacia máxima | 98% | 98% |
| Autoconsumo | 12V: 30 mA 24V: 20 mA | |
| Tensión de carga de "absorción" | Valores predeterminados: 14,4 V / 28,8 V (ajustable) | |
| Tensión de carga de "flotación" | Valores predeterminados: 13,8 V / 27,6 V (ajustable) | |
| Algoritmo de carga | variable multietapas | |
| Compensación de temperatura | -16 mV / °C, -32 mV / °C resp. | |
| Protección | Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobre temperatura | |
| Temperatura de trabajo | -30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C) | |
| Humedad | 95 %, sin condensación | |
| Puerto de comunicación de datos | VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web | |
| CARCASA | | |
| Color | Azul (RAL 5012) | |
| Terminales de conexión | 13mm ² / AWG6 | |
| Tipo de protección | IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión) | |
| Peso | 1,3kg | 1,3kg |
| Dimensiones (al x an x p) | 130 x 186 x 70mm | 130 x 186 x 70mm |
| ESTÁNDARES | | |
| Seguridad | EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2 | |
| 1a) Si hubiese más potencia FV conectada, el controlador limitará la potencia de entrada. | | |
| 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V. | | |
| 2) Un generador fotovoltaico con una corriente de cortocircuito más alta puede dañar el controlador | | |

Fuente: (AutoSolar, 2019)

Anexo 5. Especificaciones del Inversor



ESPECIFICACIONES DEL INVERSOR 48V - 1200W ONDA PURA MARCA VICTRON



DESCRIPCIÓN

- Potencia de Salida: 1200 W
- Potencia de Salida Pico: 2400 W
- Potencia continua a 25 °C / 40 °C: 1000 / 900 W
- Entrada de Voltaje DC: 48V
- Tensión nominal de salida de CA: 110V AC - 220V AC
- Frecuencia: 50 / 60 Hz
- Forma de onda de salida: Onda Pura
- Alarma de batería baja: 10,9 V - 21,8 C - 43,6 C
- Eficiencia: 98%
- Temperatura de Funcionamiento: -20 a +50°C (refrigerado por ventilador)
- Encendido Remoto On/Off: Sí
- Material y Color: Aluminio - Azul
- Conexiones de la Batería: Cables de batería de 1,5 metros
- Tipo de protección: IP 20
- Dimensiones: 10,3 x 19,5 x 29 cm
- Peso: 8,5 K

© Copyright Ambientes Soluciones 2019. Todos los Derechos Reservados.
Calle 50 # 68-105 / Sector Estadio | Calle Colombia con la 70, dos cuadras arriba del éxito de Colombia. |
Teléfonos: 57 + 4 + 448 03 98 - 301 367 6492 | E-mail: info@ambientesoluciones.com
Medellín - Antioquia - Suramérica.
Hosting, diseño y desarrollo: artedimamico.net

Fuente: (Ambientes y Soluciones, 2019)

Anexo 6. Documento de Encuesta Estructurada Aplicada



UNIVERSIDAD
SURCOLOMBIANA

FACULTAD DE INGENIERÍA



ENCUESTA DE MERCADO DE CONSUMO SOBRE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LOS PARQUES SELECCIONADOS PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

OBJETIVO: Caracterizar con el análisis de la encuesta, la demanda de mercado posible para la implementación de un sistema fotovoltaico que alimente electrodomésticos básicos en este sitio turístico.

Su opinión es importante. La información aquí recopilada resultará muy útil para establecer la demanda del producto en cuestión en el mercado objetivo. Por favor, marque con una X la opción de acuerdo a su pensamiento.

Nacionalidad: Colombiano Extranjero

1. ¿Ha escuchado hablar sobre energías alternativas o renovables como la solar?

Siempre A veces Nunca

2. ¿Considera beneficioso que la energía solar pueda transformarse en energía eléctrica?

Si No

3. ¿Considera usted que la energía eléctrica tradicional es costosa?

Si No

4. ¿Cuánto es el costo promedio de su factura de energía en un mes?

Menos de \$50.000 Más de \$50.000 Más de \$100.000

5. ¿Piensa usted que es rentable económicamente utilizar paneles solares para generar energía limpia en vez de la red eléctrica tradicional?

Si No

6. ¿Piensa usted que es bueno para el ambiente utilizar paneles solares para generar energía limpia en vez de la red eléctrica tradicional?

Si No

7. La conversión de energía solar a eléctrica se consigue a través de un sistema fotovoltaico a base de paneles solares entre otros componentes. ¿Invertiría usted en estos productos que utilizan la energía solar para generar electricidad amigable con el ambiente?

Si No

8. ¿Cuánto estaría dispuesto a invertir teniendo en cuenta que la adquisición de este producto es un poco costoso en relación a la energía tradicional, sin embargo genera energía gratuita y amigable con el ambiente?

Entre \$2.000.000 - \$5.000.000 Entre \$5.000.000- \$8.000.000 Más de \$10.000.000

9. ¿Le gustaría que en este parque se implementara un sistema fotovoltaico, para que la energía eléctrica brindada fuera amigable con el ambiente?

Si No

10. ¿Conoce usted los incentivos de parte del estado a quienes aprovechen las energías alternativas?

Si No

Muchas gracias por su atención y disponibilidad

Responsable: Ing. Ambiental Ángela Calderón Ortiz. Estudiante de la Maestría en Ingeniería y Gestión Ambiental

Anexo 7. Registro fotográfico de los Parques y aplicación de encuestas

PARQUE ARQUEOLOGICO ALTO DE LOS IDOLOS



Instalaciones de atención al visitante



Restaurante



Construcción nuevas instalaciones



Aplicación de Encuesta

PARQUE ARQUEOLOGICO ALTO DE LOS IDOLOS



Aplicación de Encuestas



Riqueza Cultural Arqueologica

PNN CUEVA DE LOS GUÁCHAROS



Restaurante Fotografía: David Pérez



Hospedaje turistas Fotografía: David Pérez



Cabañas de Operarios Fotografía: David Pérez

PNN CUEVA DE LOS GUÁCHAROS



Aplicación de encuestas

