

**POTENCIAR LA ENERGÍA SOLAR EN EL MUNICIPIO DE MAPIRIPÁN EN LA LOCALIDAD DE
GUACAMAYAS – META (COLOMBIA)**



AUTOR

EDNA CATALINA PÉREZ PINEDA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

INGENIERIA CIVIL

Director:

DAVID PEÑA GARCÍA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA

PROGRAMA INGENIERIA CIVIL

BOGOTÁ, 15 OCTUBRE 2020

**Potenciar la energía solar en el Municipio de Mapiripán en la localidad de
Guacamayas – Meta (Colombia)**

**Promote solar energy in the Municipality of Mapiripán in the town of Guacamayas -
Meta (Colombia)**

Edna Catalina Pérez Pineda

Facultad de Ingeniería Civil

Universidad Militar Nueva Granada

Carrera 11 # 101 80, Bogotá Colombia

d7303067@unimilitar.edu.co

Resumen

La energía eléctrica es un servicio básico necesario para desempeñar tareas cotidianas, que genera confort y calidad de vida. No obstante, en Colombia este servicio no llega a la mayoría de las personas, se limita a los centros urbanos y las zonas rurales aledañas. En los lugares más alejados de los centros urbanos, generalmente no se cuenta con este servicio. Lo anterior se sustenta según el documento “Diagnóstico de la prestación del servicio de energía eléctrica de 2017” emitido por la Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, Superservicios, en el cual afirma que las zonas no interconectadas en Colombia representan aproximadamente el 52% del territorio.

La Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica En Colombia (2016), asegura que la mayor parte de la energía procede de hidroeléctricas, correspondiendo al 68.3% de la generación en el país. Si bien este tipo de producción es amigable con el medio ambiente, la construcción de hidroeléctricas impacta el ambiente y afecta la fauna y flora dependientes de los cuerpos de agua.

El estado actual de los sistemas fotovoltaicos corresponde al 0.1% de la generación de energía; por lo tanto este estudio pretendió determinar cómo complementar el suministro de energía de las hidroeléctricas para llegar a lugares donde la red eléctrica no lo hace, mediante el análisis del corregimiento de Guacamayas en el municipio de Mapiripán – Meta, localidad que posee una geolocalización privilegiada para la captación de energía solar y la facilidad del montaje de los sistemas fotovoltaicos que permiten mitigar la cobertura de este servicio.

Abstract

Electric energy is a basic service necessary to carry out daily tasks, generating comfort and quality of life. However, in Colombia this service does not reach the majority of people, it is limited to urban centers and the rural areas surrounding them, in the places furthest from urban centers, this service is generally not available.

The foregoing is supported by the document "Diagnosis of the provision of the electric power service of 2017" issued by the Superintendency of domiciliary public services - Superservices; in which he affirms that the non-interconnected areas in Colombia represent approximately 52% of the territory.

The Colombian Association of Electric Power Generators In Colombia (2016), ensures that most of the energy comes from hydroelectric plants corresponding to 68.3% of the generation in the country, this type of production is friendly to the environment, however, the construction of hydroelectric plants have an impact on the environment, affecting the fauna and flora dependent on water bodies.

The current state of photovoltaic systems corresponds to 0.1% of power generation; therefore, this study aims to determine how complementary the power supply of

hydroelectric plants reaches places where the electrical network does not, analyzing the township of Guacamayas in the municipality of Mapiripán - Meta, a location that has a privileged geolocation for the capture of solar energy and the ease of mounting photovoltaic systems mitigate the coverage of this service.

Palabras Clave: Energía Solar, Fotovoltaica, radiación solar, Energías renovables, Energías limpias.

Keywords: Solar Energy, Photovoltaic, solar radiation, Renewable Energies, Clean Energies.

Objetivo General

Analizar la implementación de la energía fotovoltaica para el corregimiento de Guacamayas en el municipio de Mapiripán – Meta, Colombia.

Objetivos Específicos

Exponer en qué etapa se encuentra la aplicación de energía fotovoltaica en Colombia.

Determinar cómo la energía solar puede complementar la energía generada por hidroeléctricas y sus ventajas en Colombia.

Señalar qué ventajas genera la energía

fotovoltaica para la localidad de Guacamayas en el municipio de Mapiripán – Meta, Colombia.

Caracterizar la población que se beneficia con la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Introducción

En este momento donde se encuentran diferentes clases de tecnologías y avances tecnológicos al punto de tener inteligencia artificial, es increíble cómo en pleno siglo XXI todavía hay zonas de Colombia que no cuentan

con cobertura de energía eléctrica y siguen viviendo con la iluminación de unas velas, tal como se aprecia en el Informe de Rendición Social de Cuentas 2016-2017 del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas, las cuales representan aproximadamente el 52% del territorio colombiano y con una población estimada de 1.900.000 habitantes.

El análisis de los inconvenientes por los cuales atraviesa el país llevó a pensar en cómo solucionar el suministro eléctrico en zonas no interconectadas, por medio de la energía fotovoltaica para lograr satisfacer estas necesidades.

En la actualidad, países como Alemania y España reconocen las ventajas que ofrece una red de suministro energético (Gómez, Murcia & Cabeza, 2017, p. 2), entre los que se encuentra el ahorro económico a largo plazo de los precios de la energía. De igual manera, se desarrollan nuevos empleos al crearse una nueva necesidad en la distribución, montaje e instalación de sistemas

fotovoltaicos; generando desarrollo y una nueva economía para una región.

Gracias a ello, se puede obtener el cambio de mentalidad de la sociedad, lo que permite que se preocupe por un buen manejo y cuidado de los recursos no renovables, para alcanzar un nivel de conciencia ambiental alto. La energía solar y la energía eólica maneja recursos de fácil acceso en cualquier parte del mundo y posee un aprovechamiento y crecimiento económico sustentable.

En la Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático, COP25, en Madrid (2019), se habló del calentamiento global y los efectos negativos que forja a nivel mundial.

Actualmente se espera un aumento de la temperatura de 3 a 5 grados, lo que genera una gran discusión sobre las formas de producción de la electricidad, pues de esta actividad se basa en gran cuantía el cambio climático que sufre el planeta, lo que ha llevado a innovar e investigar sobre nuevas alternativas de electricidad limpia en las que se destacan tecnologías para aprovechar la energía del sol.

Cuerpo del ensayo – La energía Fotovoltaica

Las energías renovables permiten producir energía de forma continua mediante fuentes naturales como son el agua, el sol, el viento, entre otros, ver Figura 1. Estas fuentes de energía son tácitamente inagotables, de fácil acceso y son capaces de regenerarse. Entre este tipo de energías se encuentra la biomasa, la energía eólica, la energía hidráulica, la energía fotovoltaica, entre otras.

Figura 1 Tipos de energías renovables



Figura 1. Infografía de las diferentes formas de energías renovables utilizadas en la actualidad. Fuente: AMEDIRH, (2018) Tomado de: <https://www.amedirh.com.mx/blogrh/sector-energetico-en-rh/infografia-tipos-de-energias-renovables/>

“La energía solar se presenta como una alternativa eficiente y económica, en comparación con otras formas tradicionales, para la generación de energía eléctrica.” (Machado, Lussón, Bonzon, Escalona & Leysdian, 2015, p. 191). En esta ocasión se evaluó la energía fotovoltaica, cuyo principal actor es el sol siendo un recurso con magnitudes cercanas al infinito, se adquiere de forma diaria y no contamina, lo que permite generar energía eléctrica a través de la radiación solar. Este proceso es posible mediante paneles solares, sin embargo, esta forma de obtener energía tiene ventajas y desventajas. Las ventajas son un impacto ambiental mínimo, Sin residuos contaminantes y un mantenimiento sencillo y de bajo costo. Las desventajas son el uso de baterías elaboradas con materiales químicos peligrosos, impacto sobre los ecosistemas cercanos si la extensión de suelo es muy amplia e impacto visual si se usan zonas extensas (Medina & Venegas, 2018).

Buscando solucionar las desventajas anteriores, es posible instalar los paneles sobre los techos de las viviendas de tal manera que no genere impacto visual o afectaciones al ecosistema, dejando las baterías como la única desventaja.

Para dar una solución a esta desventaja se propuso:

IBM Reserch ha anunciado una nueva batería formada por tres nuevos materiales patentados que permiten eliminar el uso de metales pesados y otras sustancias con problemas de abastecimiento. En las pruebas iniciales, bajo condiciones de laboratorio, la nueva batería demostró que es posible optimizar su funcionamiento para superar a las baterías de iones de litio. La primera y más importante es el coste de producción, más reducido, pero también se incluyen los tiempos de carga más rápidos, la mayor densidad de energía, su alta eficiencia

energética y la baja inflamabilidad.

(García, 2019).

Tal como García expone en el artículo se demuestra el interés de sustituir el litio en las baterías, en IBM utilizan el agua de mar con el fin de eliminar metales pesados, de esta manera se logra lidiar con esta falencia y convertirla en una ventaja más, para esta clase de tecnologías.

Breve historia de la energía solar

La primera vez que se habló del efecto fotovoltaico fue en 1839 por el físico francés Alexandre-Edmond Becquerel en sus estudios e investigaciones de la electricidad, el magnetismo y el espectro solar. La primera celda solar fue desarrollada en 1883 por el inventor estadounidense, Charles Fritts. En el siglo XIX diversos científicos hicieron estudios sobre la electricidad entre los cuales se encuentran Michael Faraday, Nikola Tesla, James Clerk Maxwell, Heinrich Hertz y Albert Einstein quien recibió el premio nobel en 1921 por la base teórica y práctica del efecto fotoeléctrico. La primera utilización de esta

tecnología se desarrolló en los satélites soviéticos y americanos hacia el año de 1957.¹

En 1966 se realizó la primera instalación fotovoltaica en el planeta en un faro en Japón en la isla Ogami sustituyendo el gas de la antorcha por energía renovable.

Siguiendo por este recorrido en los años 70's se comenzó a utilizar las fuentes renovables como alternativa al petróleo, ya que en este periodo de tiempo se presentó una crisis por su alta demanda. Sin embargo, el petróleo sigue siendo la fuente de energía más utilizada a nivel mundial en el presente.

Es de tener en cuenta que el petróleo no es la única fuente de energía que se puede utilizar siendo este un material que en su proceso de transformación para generar energía contamina el medio ambiente. Son

muchos los factores que han intervenido para el deterioro del cambio climático como el caso de la crisis nuclear generada por las bombas atómicas en la segunda guerra mundial, la industrialización y tecnificación de actividades humanas, entre otras, han generado que países como Suecia y la unión europea, se preocupen por el cuidado y mantenimiento del medio ambiente.

“Posteriormente y a partir de los compromisos adquiridos por los países industrializados, luego de la firma del protocolo de Kyoto en 1997, se renovó y consolidó la necesidad de incorporar las energías renovables como parte de la matriz energética mundial” (Muñoz, 2015, p.96).

Para el año 2000 se generó un crecimiento en el uso de la fotovoltaica de

¹ **Alexandre-Edmond Becquerel (1820-1891)** Físico Francés. Conocido por: Trabajo en la luminiscencia y la fosforescencia.

Charles Fritts (1850-1903) Filósofo/ Inventor. Estadounidense. Construye la primera celda solar con una eficiencia del 1% en 1883.

Michael Faraday (1791-1867) Físico/ Químico Británico. Descubrimientos: la inducción electromagnética, el diamagnetismo y la electrólisis.

Nikola Tesla (1856-1943) Físico/ Inventor/ ingeniero eléctrico y mecánico Croata. Descubrimientos en el campo del electromagnetismo.

James Clerk Maxwell (1831-1879) Científico Escocés. Conocido por: la formulación de la teoría clásica de la radiación electromagnética, matemática adecuada de la interacción entre electricidad y magnetismo.

Albert Einstein (1879-1955) Físico/ Científico Alemán. Conocido por: el desarrollo de la teoría de la relatividad y la explicación teórica del movimiento browniano y el efecto fotoeléctrico.

forma mundial en donde se encuentra a países industrializados como Alemania, España, China, Estados Unidos, Japón, entre otros, países que se perfilan como las grandes potencias líderes en la producción de energía fotovoltaica mediante granjas solares; también es de destacar el caso de Costa Rica, siendo el primer país latinoamericano con una red eléctrica 100% renovable.

Energía Fotovoltaica en Colombia

En Centroamérica hay una gran congruencia en el sector eléctrico, ya que todos los países comprendidos por esta región están apostando en una misma dirección: buscan la diversificación de su matriz de generación ampliando el aporte de las fuentes de energía no convencionales, como las centrales fotovoltaicas. (Chacón Serna, Moreno Amaya, & Hernández Mora, 2016).

En Colombia, se puede evidenciar esta tecnología “a comienzos de los años 80, con la asistencia técnica de la Universidad Nacional. En este programa [Programa de Telecomunicaciones Rurales de Telecom] se

instalaron pequeños generadores fotovoltaicos de 60 Wp (Wp: vatio pico) para radioteléfonos rurales” estas fueron las primeras instalaciones con esta clase de tecnología en Colombia.

En el presente, el país cuenta con varias instalaciones que aprovechan la energía solar como **Celsia Solar Yumbo**, con una capacidad de 9.8 MW y generará aproximadamente 16.5 GW al año y **Solargreen** en la región de Urabá, Antioquia con una capacidad instalada de 500 KW (Medina Rincón & Venegas Camargo, 2018). Aunque estos proyectos son un inicio, el país está muy por debajo en producción comparado con países referentes como Alemania o España que cuentan con un promedio entre 2 y 3 kWh/m² registrados, mientras que el promedio en Colombia es muy superior, rondando los 4,5 kWh/m² y destacándose sectores como la Guajira y la Orinoquia con un valor cercano al 6,0 kWh/m² (Chamorro, Ortiz, & Viana, 2015). Sumado a estas regiones se puede destacar la viabilidad de instalaciones fotovoltaicas en Bucaramanga, una ciudad

intermedia de gran desarrollo, municipio que tiene el 91,3% de la energía anual correspondiente a la media de la Costa Atlántica y el 103,4% de la media de la Zona Andina (Vergara-Barrios, Rey-López, Osma-Pinto, & Ordoñez-Plata, 2014). Potenciales que no son aprovechados ya que, a pesar de contar con una reglamentación para en uso energías limpias (Ley 1715 de 2014), esta tiene muchos vacíos debido a que se enfoca “únicamente a proyectos residenciales, comerciales e industriales y no a generadores exclusivos, es decir, tampoco se conoce aún si los proyectos privados que generen energía eléctrica por medio de energías renovables no convencionales podrán aportar energía a la red de transmisión y distribución.” (Chacón Serna, Moreno Amaya, & Hernández Mora, 2016).

Colombia es un país lleno de condiciones privilegiadas, una de ellas es su posicionamiento geográfico estratégico en la línea del Ecuador, esto permite que su clima no tenga cambios tan drásticos comparados con lugares donde se presentan estaciones

meteorológicas, por esta razón la radiación solar en Colombia es constante y generalmente alta, como se evidencia en la Figura 2.

Figura 2. Mapa Atlas de Radiación Solar, ultravioleta y ozono de Colombia.

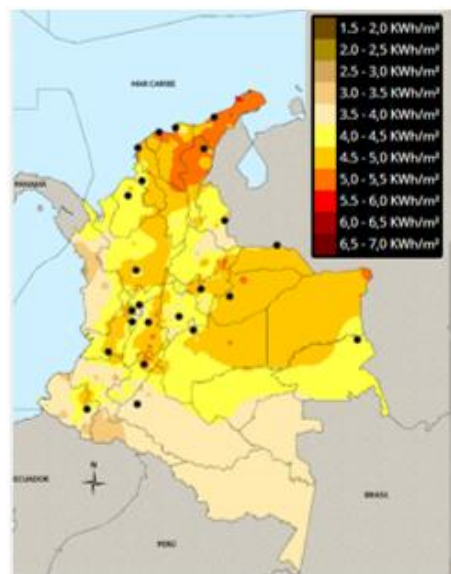


Figura 2. Mapa de calor de radiación solar y ultravioleta en Colombia
Fuente: Atlas Ideam. 2020. Tomado de:
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Otra de las cualidades con las que cuenta Colombia es que es uno de los países con mayor potencial del mundo en recurso hídrico y biodiversidad, está rodeado por 2 mares, el pacífico y el atlántico, cuenta con 42 ríos, 36 páramos (50% de los existentes en el mundo) los cuales son considerados como las fábricas de agua naturales, son los que aportan el 70% del agua para la población; resaltando

que sólo 5 países del mundo cuentan con estas clases de ecosistemas naturales; y cuenta con muchos más cuerpos de agua. Por todas estas razones la generación de electricidad en Colombia en su gran mayoría (70%) se lleva a cabo en centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, el transporte de energía se realiza a través de líneas de alta tensión, seguido de estaciones transformadoras (subestaciones) que reducen la tensión de la línea (media o baja), y permiten la distribución a los puntos de demanda (Agencia Internacional de la Energía 2016).

Ahora bien, a medida que la electricidad viaja por las líneas de transporte, esta va perdiendo energía debido a la resistencia que ofrece el conductor eléctrico, reduciendo la eficiencia energética del sistema. (Ariel Kazimierski, 2018), Considerando las hidroeléctricas estas también tienen desventajas, una muy importante es que su fuente principal, que es el agua, es un recurso natural finito, que se puede contaminar, su utilización es perjudicial para los ecosistemas y

es un recurso de primera necesidad para la vida, de igual forma depende mucho de los climas ya que en momentos de sequía y pocas lluvias esta forma de generar energía queda en déficit y le es más complicado sustentar este servicio llegando a posibles apagones. La construcción de estas requiere de un largo tiempo, en Colombia se cuenta con un ejemplo reciente de este tipo de construcciones, Hidroituango, donde se pudo evidenciar como generó amenaza vital durante su construcción, hubo peligro en que el agua por su fuerza y peso derrumbara la presa, se colapsaron los túneles y se evidencia el riesgo que genera a ecosistemas naturales.

Según los datos registrados en la Asociación Colombiana de Generadores de Energía Eléctrica, el 68.3% de la energía que se genera en Colombia se hace en hidroeléctricas, el 31.7% restante de la energía es generada por la combustión de recursos fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo, como se evidencia en la figura 3, sin embargo, estas alternativas son causantes del

calentamiento global. En la Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático, COP25, en Madrid, se expone la problemática que causa la elevación de la temperatura de la atmósfera, generando el efecto invernadero en el planeta a causa del aumento de las emisiones de CO2 procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Figura 3. Capacidad energética en Colombia

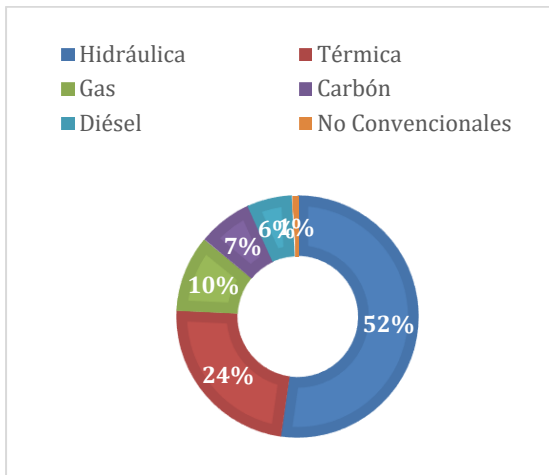


Figura 3. Gráfico en forma de torta con los porcentajes del consumo de energía según la tecnología a utilizar. Fuente: Capacidad Energética en Colombia. Elaboración propia información tomada de grupobancolombia.com y acolgen.org.co (2019)

Colombia aún tiene zonas donde el servicio eléctrico es deficiente o nulo, “Actualmente existe un déficit energético en el país, alrededor del 32,0% del territorio nacional no hace parte del sistema interconectado nacional, SIN, representando un

valor notorio” (Gómez, Murcia & Cabeza, 2017, p. 2). Hoy por hoy se rastrean Zonas No Interconectadas en Nariño, con 600 poblados no interconectados a una red eléctrica; Chocó, con 509 poblados; Cauca, con 189 poblados, y el Valle del Cauca, con 81 poblados según el Ministerio de Minas y Energía. Como se puede apreciar en la Figura 4.

Figura 4. Cobertura energética por departamentos de Colombia.

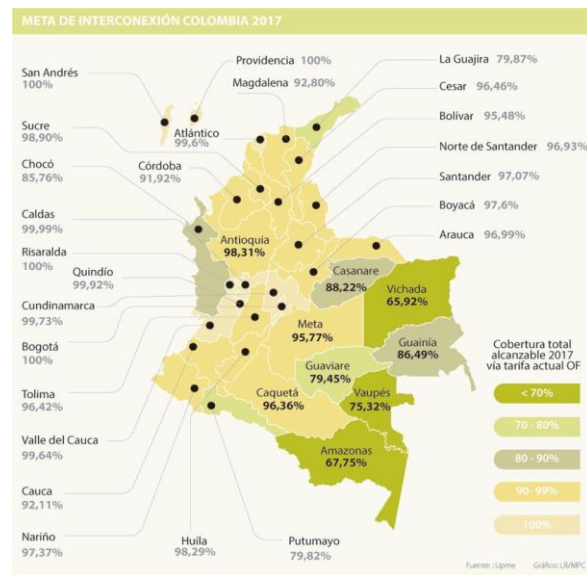


Figura 4. Infografía del mapa de Colombia con los porcentajes de las interconexiones energética por departamentos de Colombia. Fuente: La república (2017) Tomado de: <https://www.larepublica.co/economia/cuatro-cabeceras-en-colombia-siguen-sin-suministro-de-energia-electrica-2217626>

En este tipo de zonas, las instalaciones fotovoltaicas pueden tomar gran relevancia, ya

que generan energía eléctrica de insuperable calidad para el bienestar del usuario, aumentando la vida útil de los electrodomésticos, conciencia de consumo (Ostos Rojas, Castellanos Acuña, Collazos Morales, & Fernández Arévalo, 2017).

Adicionalmente, los usos de la energía fotovoltaica van más allá de la alimentación eléctrica común, debido a que no se puede garantizar la luz solar en las horas pico de consumo, por lo que se necesitan muchas baterías para almacenar la energía, ocupando mucho espacio y recursos. Según la investigación de Muñoz (2015), explica que en la actualidad se está buscando la forma de usar esta energía para la generación de hidrógeno actuando como vector energético, capaz de almacenar y transportar la energía proveniente de fuentes renovables, ya que su densidad energética es mayor que la de los combustibles fósiles, puede ser empleado como materia prima en pilas de combustible y no emite gases de efecto invernadero.

Otras alternativas que también se están desarrollando, son las baterías de ion-sodio, que se ve beneficiada por su abundancia natural, siendo el sexto elemento más abundante, y el grafeno por su característica fuerte, flexible y de gran conductividad. En Corea del Sur están desarrollando una batería ecológica que utiliza agua de mar para producir y almacenar electricidad, y esperan para 2018, construir una unidad de almacenamiento de 10 Wh, cantidad promedio de energía diaria para una familia de cuatro personas. Además, posiblemente se experimentará con otros materiales como el magnesio, el potasio o el aluminio, que son materiales que se encuentran entre los primeros puestos de elementos más abundantes del planeta, mientras que el litio ocupa la posición 33 (Kazimierski, 2018).

De esta manera se está combatiendo una de las desventajas de esta tecnología en la cual actualmente las baterías no son totalmente amigables con el medio ambiente, utilizando estos nuevos elementos se generaría unos

nuevos mercados internacionales en los cuales Colombia podría llegar a ser un buen productor generando de esta manera una economía verde, siendo este un modelo que promueve el crecimiento, la creación de ingresos y puestos de trabajo, “empleos verdes”, que procura generar un cambio en la interacción entre progreso económico y sostenibilidad ambiental, en particular si la riqueza se mide teniendo en cuenta los bienes naturales y no únicamente la productividad. (Vargas Pineda, Trujillo Gonzales & Torres Mora, 2017).

Este sistema también es posible de mejorar por medio de la teoría de los girasoles, plantas que se mueven en dirección al sol conocido como heliotropismo, para lograr la optimización de la cantidad de energía obtenida de una instalación fotovoltaica, existen dos metodologías: La primera consiste en mejorar los componentes internos de un panel fotovoltaico de manera que su rendimiento aumente. La segunda consiste en aumentar la cantidad de radiación solar recibida por el panel; para esto se busca que el

área del panel fotovoltaico permanezca en posición perpendicular a la radiación lumínica de la fuente de luz. En los sistemas fotovoltaicos existe la posibilidad de implementar un dispositivo adicional con el fin de aumentar la captación de radiación solar y por ende la energía suministrada por la instalación, tal dispositivo es un seguidor solar. (Machado, Lusson, Leysdian, Bronzon & Escalona, 2015).

Basándose en este escenario es posible prescindir en más de 90% del uso de petróleo implementando tecnologías con energías limpias. (Pasqualino, Cabrera, & Vanegas Chamorro, 2015). Es posible asegurar esto ya que la energía fotovoltaica se puede implementar en sectores como salud, comercio, educación, inmobiliario, transporte y muchos más; pues es una fuente de energía para diferentes equipos, electrodomésticos, maquinaria, vehículos, iluminación, entre otros.

Mirando varios ejemplos en donde se encuentran instalaciones fotovoltaicas en zonas

apartadas de Colombia se puede ver cómo esta tecnología puede complementar la red eléctrica existente y llegar a favorecer a comunidades que no tienen energía eléctrica.

Según la investigación realizada por Rúa, Barrera y Gómez (2017). en la vivienda rural en Hato Corozal, Casanare se pudo evidenciar que la instalación eléctrica basado en un sistema fotovoltaico es satisfactorio, cubriendo las necesidades energéticas planteadas, brindando economía, ventajas ambientales, etc. Sin embargo, fue necesario brindar capacitaciones para el uso y mantenimiento del sistema a los habitantes de la región y de esta manera tener un servicio efectivo y satisfactorio, logrando el cambio de mentalidad de la población.

“Los cambios en la generación de energía hacia fuentes sustentables obligadas principalmente por un cambio de mentalidad de los consumidores por su mayor conciencia medio ambiental y de conservación del planeta.” (Giraldo, Vacca Ramírez, & Urrego Quintanilla, 2018).

Además, los impactos negativos más significativos fueron clasificados como moderados, alcanzando niveles de importancia máximos de 28 puntos sobre 100 posibles (Pasqualino, Cabrera, & Vanegas Chamorro, 2015).

El estado actual de los sistemas fotovoltaicos corresponde al 0.1% de la generación de energía como se expuso anteriormente; por lo tanto se realizó este estudio el cual pretende determinar cómo es posible complementar el suministro de energía de las hidroeléctricas llegando a lugares donde la red eléctrica convencional no lo hace, analizando el corregimiento de Guacamayas en el municipio de Mapiripán – Meta, localidad que posee una geolocalización privilegiada para la captación de energía solar y la facilidad del montaje de los sistemas fotovoltaicos permitiendo mitigar la cobertura de este servicio.

Estudio de caso en el Municipio de Mapiripán en la localidad de Guacamayas – Meta (Colombia)

Mediante este ejemplo se demostró como una red fotovoltaica puede sustentar la electricidad de un hogar con sus electrodomésticos y las actividades diarias necesarias, la zona seleccionada es la localidad de Guacamayas en el municipio de Mapiripán - Meta (Colombia). Tomando como referencia el corregimiento de Guacamayas en el municipio de Mapiripán – Meta, localidad que posee una geolocalización privilegiada para la captación de energía solar y la facilidad del montaje de los sistemas fotovoltaicos permitiendo mitigar la cobertura de este servicio. Este estudio pretende determinar cómo se puede complementar el suministro de energía de las hidroeléctricas para llegar a los lugares donde la red eléctrica convencional no lo puede hacer por falta de infraestructura.

Para lograr un estudio satisfactorio inicialmente se genera un trabajo de investigación tomando como referencia los siguientes datos obtenidos de la página de la Gobernación del Meta:

Según la Gobernación del meta. (2016). los registros del DANE del año 2016, el Municipio de Mapiripán cuenta con una extensión total de 11.400 Km², para una población de 17.661 habitantes y una población rural de 16.272, existen 13.889 viviendas en el sector rural, lo que indica que el promedio de habitantes por vivienda seria de 2 personas si se realiza el cálculo de la densidad poblacional dividida en el número de viviendas.

$$\text{Personas por vivienda} = \frac{\text{Población rural}}{\text{N}^\circ \text{ viviendas}} = \frac{16.272}{13.889} = 1.17 = 2 \text{ personas}$$

Fórmula1: Personas por vivienda

Según datos de la Secretaría de Salud Departamental, el municipio de Mapiripán obtiene el servicio de energía por medio de una planta que proporciona una cobertura del 30.5%, ya que la Electrificadora del Meta EMSA no cuenta con la cobertura hasta este municipio.

Según lo afirmado anteriormente se estudiarán los cálculos de la incidencia solar en la zona del Meta mediante la página oficial del IDEAM la cual brinda esta información completa y verídica.

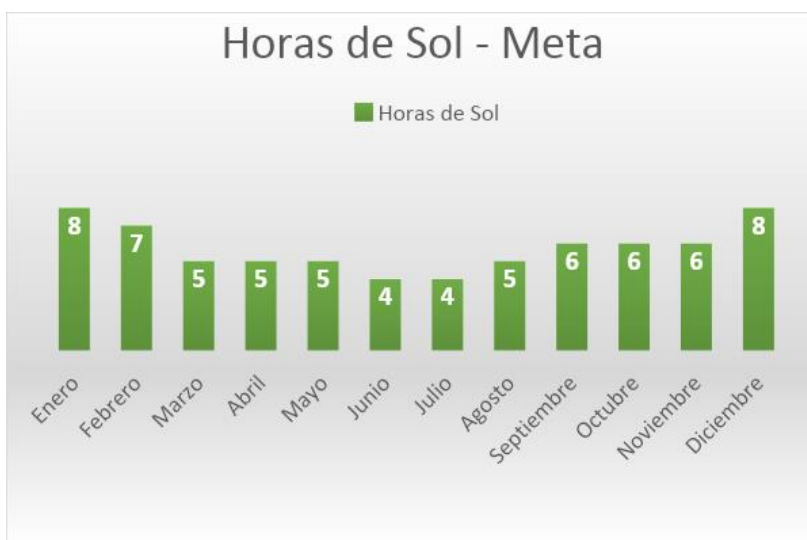
Tabla 1.

Horas Sol Día en el Meta

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 7_8 | 6_7 | 4_5 | 4_5 | 4_5 | 4_5 | 4_5 | 4_5 | 5_6 | 5_6 | 5_6 | 7_8 |

Nota. Tabla con la cantidad de horas de sol según los meses del año. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de Atlas solar IDEAM (2020)

Figura 5. Horas de sol en, Meta



Nota. Gráfico con los promedios de la tabla número 1. Elaboración propia. Información tomada de Atlas solar IDEAM (2020)

Mediante la figura 5 es posible evidenciar las horas de sol en la zona seleccionada a lo largo del año mostrando un promedio mensual de 5-6 horas de sol en el día.

Tabla 2.*Radiación Solar Mensual en el Meta*

| Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. | Jun. | Jul. | Ago. | Sep. | Oct. | Nov. | Dic. |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 4,5 | 5 | 4,5 | 4 | 4 | 3,5 | 4,5 | 4 | 4,5 | 4 | 3,5 | 4 |
| 5 | 5,5 | 5 | 4,5 | 4,5 | 4 | 5 | 4,5 | 5 | 4,5 | 4 | 5 |

Nota: Tabla con la información de la radiación solar según los meses del año. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de Atlas solar IDEAM (2020)

Con la tabla anterior se evidencia el promedio de la radiación solar mensual obteniendo un resultado de 4 - 4,5 KWh/m²

Mediante las tablas 1 y 2 podemos determinar cuál es el mes con menos sol en el año el cual es junio, este tiene una radiación mínima de 3,5 KWh/m² y entre 4 y 5 horas de sol al día para seguir con este ejemplo se genera la tabla 3 con electrodomésticos de más uso en una casa con sus respectivos consumos eléctricos para una estimación teórica (todos los valores de consumo energético se tomaron de las fichas técnicas de cada aparato eléctrico) para determinar de esta manera cuanta energía es requerida en un hogar ubicado en la localidad de Guacamayas en el municipio de Mapiripán – Meta.

Tabla 3.*Consumo energético teórico de una vivienda*

| Descripción | Número aparatos | P(W) | Horas / día | Días de uso / semana | Energía (Wh/semana) |
|---------------------|-----------------|------|-------------|----------------------|---------------------|
| Bombillo Led | 8 | 6 | 2 | 7 | 672 |
| Nevera 220 lt | 1 | 650 | 6 | 7 | 27300 |
| lavadora 9.5 kg | 1 | 350 | 3 | 1 | 1050 |
| Electrobomba 1/4 HP | 1 | 200 | 1 | 1 | 200 |
| plancha | 1 | 1200 | 2 | 1 | 2400 |
| ventilador | 2 | 60 | 4 | 7 | 3360 |
| Licuadaora 1.4 lt | 1 | 450 | 1 | 1 | 450 |

| | | | | | |
|------------------|---|-----|---|---|-------|
| TV 42" | 1 | 200 | 4 | 7 | 5600 |
| Equipo de Sonido | 1 | 50 | 5 | 3 | 750 |
| Computador | 1 | 90 | 4 | 7 | 2520 |
| TOTAL, AC | | | | | 44302 |

Nota: Consumo Energético. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de fichas técnicas de cada electrodoméstico.

*consumo de los bombillos = 8 (bombillos) * 6W * 2 horas * 7 dias de uso*

consumo de los bombillos = 672 Wh/Semana

Fórmula 2: Ejemplo de consumo de bombillos para entender la tabla 3

En la tabla anterior se presenta los valores de consumo de energía de cada electrodoméstico (tercera columna), los cuales se determinaron por medio de las fichas técnicas de cada uno, el valor anterior se multiplica con el número de aparatos iguales que hay en la vivienda (segunda columna), el resultado se multiplica por el valor del número de horas en las cuales se utiliza el aparato (cuarta columna) y luego se multiplica por los días de uso del aparato electrónico (quinta columna), estos resultados se colocan en la última columna, para finalizar se realiza una sumatoria de esta columna y se determina teóricamente el consumo total de energía semanal que necesita una casa.

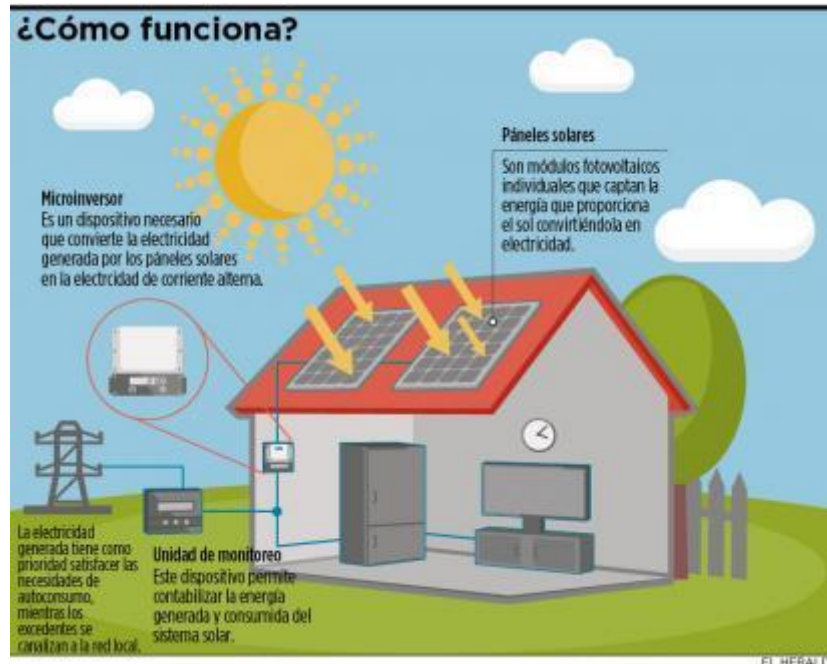
Consumo Total semanal: 44302 Wh/semana

Consumo Total de 1 día: 44302Wh/7días= **6328.86 Wh/ día**

Fórmula3: Consumo total semanal y diario

Realizando un esquema del sistema fotovoltaico se elabora una lista de elementos necesarios para obtener la energía para la casa. ver Figura 6:

Figura 6. Conexión de energía solar



Nota. Infografía de Conexión Energía Solar en el techo de una vivienda. Fuente: Periódico El Heraldo (2019). Tomado de: <https://www.elheraldo.co/economia/techos-solares-que-tanto-es-el-ahorro-de-energia-en-el-hogar-649525>

Panel solar: Encargado de recibir la radiación solar y transformar esta energía en energía eléctrica.

Regulador: Verifica el estado de carga de baterías para que no se sobrecarguen, evitando que siga pasando carga a la batería o que la batería se descargue, protegiendo la batería.

Batería: Almacenan la energía eléctrica para ser usada en el momento necesario.

Inversor: Transforma la energía de corriente continua a corriente alterna para proteger los electrodomésticos.

Cables eléctricos: Para instalaciones fotovoltaicas.

Estructuras para panel solar: Encargados de sostener los paneles y darles el ángulo indicado para recibir la energía solar de forma directa.

Teniendo claro los aparatos necesarios para la instalación, se procede a calcular la cantidad de paneles requeridos para captar la cantidad de energía obtenida con la fórmula 3, (6328.86 Wh/ día), cuántas baterías se requieren para almacenar la energía requerida, seleccionar

el controlador y el regulador indicado según los datos obtenidos en los cálculos anteriores y teniendo en cuenta que el sistema tiene una tensión de 48V, con una hora solar pico de 3.5 h. Datos consignados en las tablas: 4, 5, 6 y 7.

Tabla 4.

Panel Solar

| Denominación | Módulo solar | Unidades |
|------------------------------------|---------------------|-----------------|
| Potencia Máxima (Pmax) | 400 | W |
| Voltaje nomina (Vnom) | 48 | V |
| Voltaje a máxima potencia (Vpm) | 65.8 | V |
| Intensidad a máxima potencia (Ipm) | 6.08 | A |
| Voltaje en circuito abierto (Voc) | 75.6 | V |
| Intensidad en cortocircuito (Isc) | 6.58 | A |

Nota: Características del panel solar requeridas. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de la ficha técnica del panel solar.

Energía producida al día por un panel fotovoltaico: 21,28 Ah/panel al día

Número de paneles necesarios:10

Número de paneles en serie:1

Número de cadenas en paralelo: 10

Potencia del campo fotovoltaico: 4000W

Intensidad de corriente del campo fotovoltaico: 60.8A

Tabla 5.

Regulador

| Denominación | Solar | Unidades |
|---------------------|--------------|-----------------|
| Voltaje | 48 | V |
| Intensidad | 85 | A |

Nota: Características del regulador requeridas. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de la ficha técnica del regulador.

Intensidad mínima del regulador: 66.88 A

Voltaje del regulador: 48 V

Tabla 6.

Batería

| Denominación | Batería | Unidades |
|-------------------|---------|----------|
| Capacidad nominal | 250 | Ah |
| Voltaje nominal | 12 | V |

Nota: Características de la Batería requeridas. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de la ficha técnica de la batería.

Días de autonomía: 5

Profundidad de descarga: 90%

Capacidad de acumulación en banco de baterías: 1076 Ah

Voltaje del banco de baterías: 48 V

Número de unidades de batería necesarias: 20

Número de bloques de batería conectadas en serie: 4

Número de unidades de batería conectadas en paralelo: 5

Tabla 7.

Inversor

| Descripción | Número | P(W) | Horas / Día | Días de uso / semana | Energía (Wh /semana) | % simultaneidad | Potencia simultánea (W) |
|------------------------|--------|------|----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------|
| Bombillo Led | 8 | 6 | 2 | 7 | 672 | 100% | 48 |
| Nevera 220 lt | 1 | 650 | 6 | 7 | 27300 | 100% | 650 |
| lavadora 9.5 kg | 1 | 350 | 3 | 1 | 1050 | 100% | 350 |
| Electrobomba 1/4 HP | 1 | 200 | 1 | 1 | 200 | 70% | 140 |

| | | | | | | | |
|-------------------|---|------|---|---|------|------|-----|
| plancha | 1 | 1200 | 2 | 1 | 2400 | 70% | 840 |
| ventilador | 2 | 60 | 4 | 7 | 3360 | 100% | 120 |
| Licuadaora 1.4 lt | 1 | 450 | 1 | 1 | 450 | 70% | 315 |
| TV 42" | 1 | 200 | 4 | 7 | 5600 | 100% | 200 |
| Equipo de Sonido | 1 | 50 | 5 | 3 | 750 | 100% | 50 |
| Computador | 1 | 90 | 4 | 7 | 2520 | 100% | 90 |

Nota: Inversor. Fuente: Elaboración propia. Información tomada de la ficha técnica del inversor.

Potencia total consumos: 3358 W

Potencia máxima consumidor: 1200 W

Potencia demandada imultáneamente: 2803 W

Potencia mínima del inversor: 3364 W

Tensión del sistema: 48 V

Es indispensable tener en cuenta el mantenimiento del sistema fotovoltaico según la investigación realizada por rincón & Calderón (2018). “El mantenimiento preventivo que es necesario hacerse al menos una vez al año y tendrá un costo mensual por usuario de \$42.300, el cual constará de:

- Limpieza de paneles
- Ajuste de terminales y conexiones
- Chequeo del nivel de carga del banco de baterías y demás equipos.
- Recopilación de la información almacenada en el regulador e inversor.
- Aforo de la carga del usuario”

$$\text{Mantenimiento anual: } \$42.300 * 12 = \$507.600 \text{ anual}$$

Fórmula 4: Costo mantenimiento anual

Es posible obtener una capacitación por parte del SENA quien ofrece conocimiento de forma gratuita “Luis Alberto Tamayo Manrique, director Regional del SENA en el Huila aseguró que con este tipo de proyectos el SENA está contribuyendo a que el país conozca las ventajas que trae la implementación de energías limpias, sistema que está en auge a nivel mundial.” (Montoya & Falla, 2016).

Simulación Costo eléctrico Mensual De La Instalación Solar

El cálculo del costo eléctrico mensual hace uso del consumo en KWH teniendo en cuenta el consumo de cada uno de los electrodomésticos para así determinar el costo mensual en pesos, tal como se observa en la Figura 7.

Tabla 8.

Simulación Costo eléctrico Mensual según Enel

| RESULTADO DE LA SIMULACIÓN | | |
|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| Consumo Mensual | Consumo KWh Mensual | Referencia costo Mensual \$ |
| | 190.24 KWh | \$ 98.486,35 |
| Electrodoméstico | Consumo en KWh | Consumo en Pesos |
| Iluminación | 3.1 KWh | \$1.604,86 |
| Lavadora | 4.95 KWh | \$2.562,59 |
| Televisión | 17.05 KWh | \$8.826,7 |
| Refrigerador | 44.64 KWh | \$23.109,92 |

Nota: Simulación costo eléctrico mensual de una vivienda. Con base a: simulación costo eléctrico mensual Enel. <https://www.enel.com.co/tarifas> (2020)

El consumo de energía en Colombia se determina de acuerdo con el consumo promedio de kilovatios por año de una persona en el país, calculando el consumo anual y la demanda de energía nacional, datos que se pueden observar en la Figura 8.

Figura 8. Consumo de energía en Colombia

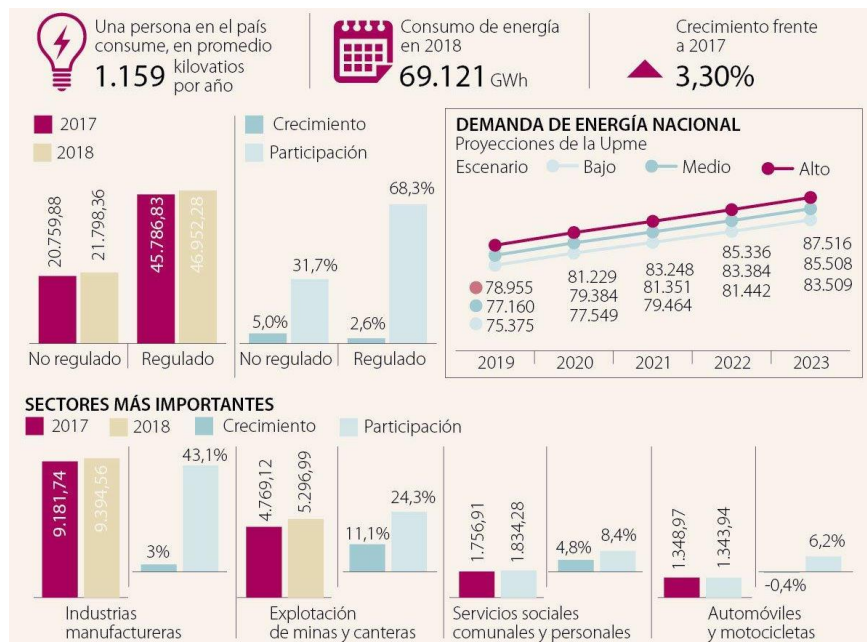


Figura 8. infografía con los datos de consumo de energía en Colombia. Fuente: La república (2019)

Tabla 9.

Costo eléctrico mensual según Enel

| | Simulador Enel KW | Valor \$ Consumo |
|------------------------|-------------------|------------------|
| Consumo mensual | 190.24 | \$98.500 |
| Consumo anual | 2282.88 | \$1.182.000 |

Nota: Costo mensual eléctrico según datos de ENEL. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10.

Presupuesto

| EQUIPO | REF | Costo \$ | Cantidad | Total |
|---------------------|---|-----------|----------|-----------|
| Inversor SMA | Sunny Boy 3000TL / 3600TL / 4000TL / 5000TL | \$900.000 | 1 | \$900.000 |

| | | | | |
|------------------------|---|-------------|--------------|---------------------|
| Batería UPSO250 | Batería solar 12V para fotovoltaica aislada | \$800.000 | 20 | \$16.000.000 |
| Paneles solares | maxeon 3 400w | \$1.400.000 | 20 | \$28.000.000 |
| Controlador | MPPT 150/85 & MPPT 150/100 | \$300.000 | 1 | \$300.000 |
| Regulador | Regulador de Voltaje BLUESOLAR MPPT 150/100 | \$800.000 | 1 | \$800.000 |
| TOTAL | | | TOTAL | \$45.200.000 |

Nota: Tabla con costos de cada electrodoméstico necesario en la instalación solar con el presupuesto. Fuente: Elaboración propia.

$$\begin{aligned}
 \text{Periodo de retorno de inatación} &: \frac{\text{Costo total inversión fotovoltaica}}{\text{Consumo anual ENEL}} = \frac{45.200.000}{1.182.000} \\
 &= 38.24 \\
 &= 39 \text{ años}
 \end{aligned}$$

Fórmula 5: Periodo de retorno instalación solar

El total de la inversión de la instalación fotovoltaica corresponde a \$45'200.000 demostrado en la tabla 9, donde se calcula el Costo eléctrico mensual según Enel, al dividir el resultado total de la tabla 9 con el resultado total de la tabla 8 en la cual se realizó la Simulación Costo eléctrico Mensual según Enel obtenemos un periodo de retorno de 39 años Como se puede observar en la fórmula 4, según la comparación de datos de las tablas 8 y 9, por lo que se puede inferir que este tipo de instalaciones corresponden a inversiones a largo plazo, sin embargo, quien implemente una instalación fotovoltaica, contará con la posibilidad de tener energía eléctrica las 24 horas sin depender de una empresa electrificadora.

De esta manera se determina que este sistema fotovoltaico que se planteó requiere de 6328.86 Wh/día calculado en la fórmula 3 de energía eléctrica para lo cual son necesarios 10

paneles fotovoltaicos con una potencia de 4000W cada uno, 20 baterías con 5 días de autonomía, 1 regulador con un sistema de voltaje de 48V y 1 inversor de energía con potencia de 3364W.

Basado en estas referencias y en el ejemplo realizado anteriormente, es posible determinar que si es factible realizar instalaciones fotovoltaicas sustentables que ayuden a que los sectores no interconectados cuenten con electricidad y esta sea una forma efectiva de complementar la energía eléctrica que actualmente se está utilizando en Colombia. Para la implementación de plantas fotovoltaicas en el país, debe ir de la mano con políticas públicas que permitan la ejecución de proyectos de esta índole, pues no se genera los suficientes incentivos. Mediante esta investigación se busca ampliar el conocimiento sobre la aplicación de energía fotovoltaica y que esta sea implementada de tal forma que sea rentable para el país y sustituye en gran margen las energías fósiles con el fin de poder llegar a lugares apartados del país como el corregimiento de Guacamayas en el municipio de Mapiripán - Meta y hacer que este sector energético sea rentable y llamativo a la inversión, mejorando de igual forma los servicios eléctricos de las instituciones o centros educativos, médicos, etc.

Conclusiones

El consumo eléctrico de una vivienda constituida por 2 personas es de 6329 Wh/día promedio, por lo tanto, la inversión total de un proyecto de instalación solar fotovoltaico corresponde en los \$45.200.000, sin incluir los costos de mantenimiento anual, equivalentes a \$507.600 lo que sería un costo adicional, una

desventaja es el alto costo inicial y el periodo de retorno muy alto, adicionalmente, que la vida útil del sistema es casi igual a la del periodo de retorno el cual corresponde a 39 años. Si bien es cierto que la inversión puede ser un poco alta se tiene la autonomía de la energía y la disponibilidad de esta.

El impacto sobre los ecosistemas cercanos si la extensión de suelo a usar con los paneles es muy amplia afecta la flora ya que se pierde zona vegetal, buscando solucionar esta afección es posible instalar los paneles sobre los techos de las viviendas de tal manera que no genere impacto visual o afectaciones al ecosistema.

En cuanto a las baterías como se expuso anteriormente se está buscando realizar nuevas baterías que no tengan un impacto ambiental agresivo, sin embargo, las actuales son recicladas para tener una disposición que no agrede al medio ambiente reglamentado por la Resolución 0372 de 2009.

Mediante un sistema fotovoltaico es posible obtener energía eléctrica por medio del recurso inagotable del sol, este es un sistema de instalación fácil y con un mantenimiento adecuado anual presentan un servicio eficiente y duradero, no obstante, es importante obtener capacitación tanto para la instalación como para el mantenimiento y hacer este de una forma periódica.

Es posible obtener la capacitación de la instalación y el mantenimiento a través del SENA, que ofrece conocimiento de forma gratuita. “El SENA está ejecutando en sus centros de formación, con el apoyo de los aprendices, proyectos para incentivar el uso de energía renovable en sus ambientes, iniciativas que además de generar un ahorro en materia económica y energética, están contribuyendo a la generación de energías limpias” (Montoya & Falla, 2016).

La vida útil de un sistema fotovoltaico se estima de 40 años, demostrando que este sistema es competitivo comparado con la producción de energía convencional, esto es posible de sustentar gracias al proyecto Sunsena que afirma que “La vida útil de este sistema que inyectará energía a la red durante 10 horas (sistema on- grid) será de unos 40 años”, indica Dominik Hammer, gerente de cuentas internacionales de Sunset-Solar” (Portafolio, 2014.).

Otra de las ventajas de los sistemas fotovoltaicos es la característica física que es

modular por tal razón es versátil y se puede adaptar a diferentes situaciones, sitios o superficies. De igual forma es posible realizar instalaciones a gran escala como lo son los parques fotovoltaicos o en pequeños núcleos como una sola casa.

Como los sistemas fotovoltaicos no requieren de una red eléctrica madre no pierden energía en el traspaso de esta, haciendo esto una gran ventaja ya que las zonas alejadas de las ciudades principales pueden contar con electricidad sin la necesidad de conectarse a la red eléctrica madre. “Hasta el momento, el sistema de paneles solares ha generado un ahorro de 1,3 kilovatios de energía por hora. Asimismo, este sistema, que está suministrándole energía a tres ambientes de formación y a las áreas comunes del centro, ha posibilitado que en 12 horas las luminarias ahorren 15,6 kilovatios diarios de energía, es decir 420 mil pesos aproximadamente por mes” (Montoya Falla, 2016) Según Montoya en los proyectos realizados por el SENA se evidencia un ahorro significativo mensual.

Las hidroeléctricas son una manera de obtener energía de forma limpia, sin embargo, traen consigo diferentes inconvenientes como el riesgo en su construcción, el tiempo que este requiere y la mano de obra que se necesita generando una ventaja para las instalaciones fotovoltaicas sencillas.

Colombia además de ser un país rico en fauna y flora, se encuentra ubicado en una zona geográfica muy “favorable para esta tecnología tienen grandes ventajas a nivel energético por estar ubicado en la zona ecuatorial y además por contar con climas y ecosistemas variados favoreciendo la generación de energía a partir de fuentes alternativas” (Giraldo, Vacca Ramírez, & Urrego Quintanilla, 2018). y su territorio posee una alta radiación solar durante varias horas del día y la mayoría del año, ya que no cuenta con estaciones meteorológicas.

Como se pudo exponer anteriormente el uso de energías renovables presentan grandes virtudes, ya que mantienen un ambiente sano libre de energías fósiles,

minimizando las emisiones de gases invernadero reduciendo el CO₂, es una tecnología menos peligrosa que la energía eléctrica común ya que no necesita líneas de alta tensión, de igual forma como no necesita un transporte de energía tan robusto la pérdida de energía es mínima.

Sin embargo, es de tener en cuenta que esta tecnología posee desventajas tales como los riesgos de incendio en los diferentes componentes de la instalación fotovoltaica, como medida de prevención se puede utilizar sensores infrarrojos que generen una alarma detectable en el monitoreo o seguimiento de seguridad que se debe establecer en la instalación. Otro control que se puede instaurar sería prevenir la instalación de los sistemas fotovoltaicos en zonas de defensa al medio ambiente evitando daños a los ecosistemas naturales de la región. Es importante recordar que tanto empresas como personas particulares, pueden tener acceso a sistemas fotovoltaicos, generando

independencia eléctrica y reduciendo los costos.

El potencial que posee el país permite crear una economía verde mediante el desarrollo de la energía fotovoltaica, generando nuevos ingresos, ahorrando en costos, reduciendo la dependencia energética, e implementando novedosas tecnologías.

Con el desarrollo de este documento es posible demostrar que la energía fotovoltaica puede ser competitiva a mediano y largo plazo, mejorando así las condiciones de vida y generando trascendencia en los servicios eléctricos.

Fue posible demostrar cómo los sistemas fotovoltaicos pueden complementar las redes eléctricas existentes, ya que mediante esta es viable llegar a zonas apartadas como el Municipio de Mapiripán en la localidad de Guacamayas – Meta (Colombia) que actualmente no cuentan con una red eléctrica convencional y se pueda de esta manera mejorar la calidad de vida de la población de estas zonas.

Se pudo mostrar, como con la implementación de la industria fotovoltaica, se minimiza el manejo de otras fuentes de energía contaminantes como el carbón, gas natural, petróleo, nuclear, etc., reduciendo el consumo de CO₂.

La energía fotovoltaica, en conjunto con otras energías renovables, pueden llegar a reducir la emisión de gases de efecto invernadero, no depender de los combustibles fósiles y llegar a zonas no interconectadas de Colombia, sin embargo, demanda la colaboración y apoyo de toda la sociedad colombiana en aspectos políticos, empresariales e inversionistas del país.

Referencias

Acolgen. (2020). La energía que impulsa a Colombia. Recuperado de: <https://www.acolgen.org.co/>.

Agencia Internacional de la Energía (IEA). 2016. "World Energy Outlook", Recuperado de: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WorldEnergyOutlook2016ExecutiveSummaryEnglish.pdf>.

AMEDIRH. (2018). Infografía: Tipos de energías renovables. **Figura 1** [Infografía]. Recopilado de: <https://www.amedirh.com.mx/blogrh/sector-energetico-en-rh/infografia-tipos-de-energias-renovables/>.

Arango, M. C. (2019). Panorama energético de Colombia. **Figura 3**. Recuperado de: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>.

Ariel Kazimierski, M. (2018). Almacenamiento energético frente al inminente paradigma renovable: el rol de las baterías ion-litio y las perspectivas sudamericanas. *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*. 23, 108-132.

Chacón Serna, D. F., Moreno Amaya, C. M., & Hernández Mora, J. A. (2016). Centrales fotovoltaicas: Contexto colombiano frente a Latinoamérica continental de habla hispana. *Revista Elementos (2027-923X)*, 6(6), 31.

Chamorro, M. V., Ortiz, E. V., & Viana, L. A. (2015). Cuantificación y caracterización de la radiación solar en el departamento de la guajira-Colombia mediante el cálculo de transmisibilidad atmosférica. *Prospectiva (1692-8261)*, 13(2), 54.

Chiquiza, J. (2019). El consumo per cápita de energía fue de 1.159 kWh durante el año pasado. **Figura 8**. Recopilado de: <https://www.larepublica.co/especiales/efecto-hidroituango/el-consumo-per-capita-de-energia-fue-de-1159-kwh-durante-el-ano-pasado-2829778>.

Congreso de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014. Recuperado de: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html.

ENEL. (2020). Simulador de Consumo. **Figura 7**. Recopilado de: <https://www.enel.com.co/es/personas/servicio-al-cliente.html>.

García, G. (2019). IBM crea una nueva batería sin litio ni cobalto, más segura,

- más eficiente y barata. Recuperado de: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/ibm-crea-nueva-bateria-litio-ni-cobalto-mas-segura-mas-eficiente-mas-barata/20191219101759032201.html>.
- Giraldo, M., Vacca Ramírez, R., & Urrego Quintanilla, A. (2018). Las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? *Revista Punto De Vista*, 9(13), 24.
- Gobernación del meta. (2016). Mapiripán. Recuperado de: https://intranet.meta.gov.co/secciones_archivos/461-13739.pdf.
- Gomez-Ramirez, J., Murcia-Murcia, J. D., Cabeza-Rojas I., (2017). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS*. (Tesis de pregrado) Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia.
- IDEAM (2020). Mapa Atlas de Radiación Solar, ultravioleta y ozono de Colombia Fuente: Atlas Ideam. 2020. **Figura 2** Tomado de: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.
- Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zni. – ipse. (2017). Informe rendición social de cuentas 2016 – 2017. Recuperado de: <http://www.ipse.gov.co/atencion-al-ciudadano/rendicion-de-cuentas/category/171-rendicion-de-cuentas-2017?download=1049:informe-de-gestion-2016-2017>.
- Machado-Toranzo, N., Lussón-Cervantes, A., Bonzon-Henriquez, J., Escalona-Costa, O., Leysdian-Oro Carralero, L. (2015). Seguidor Solar, optimizando el aprovechamiento de la energía solar. *Ingeniería Energética*. 35(2), 190-199.
- Mariño, L. (2015). Cuatro cabeceras en Colombia siguen sin suministro de energía eléctrica. **Figura 4** [Infografía]. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/economia/cuatro-cabeceras-en-colombia-siguen-sin-suministro-de-energia-electrica-2217626>.
- Medina Rincón, S., & Venegas Camargo, A. (2018). ENERGÍAS RENOVABLES un futuro óptimo para Colombia. *Revista Punto De Vista*, 9(13), 47.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2009). Resolución número 0372 de 2009. Recuperado de: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/programas-posconsumo-existent/baterias-usadas-plomo-acido>.
- Monthón. L. (2019). Techos solares: ¿Qué tanto es el ahorro de energía en el hogar? **Figura 6** Recopilado de: <https://www.elheraldo.co/economia/techos-solares-que-tanto-es-el-ahorro-de-energia-en-el-hogar-649525>.
- Montoya Falla, A. (2016). SENA, con la energía del futuro. Recuperado de: <http://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=10647>.
- Muñoz, A. L. (2015). Producción de hidrógeno a partir de energía solar. panorama en Colombia. *Revista Elementos (2027-923X)*, 5(5), 95.
- Ostos Rojas, I. M., Collazos Morales, C. A., Castellanos Acuña, H. E., & Fernández Arévalo, C. P. (2017). Sistema híbrido fotovoltaico (FV) con interacción a la red para zonas rurales de Colombia. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 8(1), 169.
- Pasqualino, J., Cabrera, C., & Vanegas Chamorro, M. (2015). Los impactos ambientales de la implementación de las energías eólica y solar en el caribe

colombiano. *Prospectiva (1692-8261)*, 13(1), 68.

Portafolio. (2014). Sena formará técnicos en energía solar fotovoltaica. Recuperado de:
<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/sena-formara-tecnicos-energia-solar-fotovoltaica-67108>.

Rincón Pedreros. M. G. & Calderón Rosas. L. E. (2018). INSTALACION E IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR COMO FUENTES ALTERNATIVAS PARA ZONAS Y COMUNIDADES MAS APARTADAS QUE NO CUENTAN CON INTERCONEXION ELECTRICA. Recuperado de:
<https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/1272/1/RUNILLANOS%20ADN%200097%20INSTALACION%20E%20IMPLEMENTACION%20DE%20SISTEMAS%20DE%20ENERGIA%20SOLAR%20COMO%20FUENTES%20ALTERNAS%20PARA%20ZONAS%20Y%20COMUNIDADES%20MAS%20APARTADAS%20QUE%20NO%20CUENTAN%20CON%20INTERCONEXION%20ELECTRICA.pdf>.

Rúa-Ramírez, E. B., Barrera-Siabato, A. I., Gómez-Orduz, M. (2017). Análisis técnico, socioeconómico y ambiental de la electrificación con energía solar fotovoltaica aislada para vivienda rural en Hato Corozal, Casanare, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 8(1), 239-248.

Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., Torres-Mora, M.A. (2017). La economía verde: un cambio ambiental y social necesario en el mundo actual. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 8(2), 175-186.

Vergara-Barrios, P. P., Rey-López, J. M., Osma-Pinto, G. A., & Ordoñez-Plata, G. (2014). Evaluación del potencial solar y

eólico del campus central de la universidad industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga, Colombia. *UIS Ingenierías*, 13(2), 49.