

DEPÓSITO LEGAL ppi 201502ZU4666
*Esta publicación científica en formato digital
es continuidad de la revista impresa*
ISSN 0041-8811
DEPÓSITO LEGAL pp 76-654

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias del
Agro
Ingeniería
y Tecnología

Año 11 N° 29

Enero - Abril 2020

Tercera Época

Maracaibo-Venezuela

Análisis de viabilidad técnica del suministro de energía eléctrica en Mantecal, estado Apure, mediante un sistema solar

José Ramón Aguilera Nieves *

RESUMEN

Esta investigación muestra los resultados de un análisis sobre la viabilidad técnica y ambiental de un sistema solar en Mantecal – Apure, basado en una ruta teórico global sobre las energías alternativas, la disponibilidad del recurso solar en el escenario de estudio específico y las características tecnológicas del sistema de energía solar fotovoltaica. Se realizó un análisis donde se evaluaron los beneficios ambientales de reemplazar o acompañar el suministro de energía actual por energía solar. Se concluye que la instalación del sistema solar fotovoltaico es viable para las condiciones climáticas diagnosticadas tales como: radiación solar y brillo solar del escenario de estudio; así como las condiciones técnicas requeridas. De acuerdo con los resultados de todo el enfoque teórico y de investigación, así como el alcance de este proyecto, se deja el camino para continuar con los estudios correspondientes al dimensionamiento técnico del sistema propuesto y al diagnóstico de la demanda energética de la zona, que son necesarios para una posible ejecución de esta investigación.

PALABRAS CLAVE: análisis, energías alternativas, sistema solar, ambiente, Mantecal.

*Universidad Politécnica Territorial del Alto Apure “Pedro Camejo”, UPTAAPC Mantecal, Venezuela. joseira_06@hotmail.com Registro de ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1747-3173>

Recibido: 04/02/2020

Aceptado: 02/03/2020

Technical feasibility analysis of the electricity supply in Mantecal, Apure state, using a solar system

ABSTRACT

This research shows the results of an analysis on the technical and environmental viability of a solar system in Mantecal - Apure, based on a global theoretical route on alternative energies, the availability of the solar resource in the specific study scenario and the technological characteristics of the photovoltaic solar energy system. An analysis was performed where the environmental benefits of replacing or accompanying the current energy supply by solar energy were evaluated. It is concluded that the installation of the photovoltaic solar system is viable for the diagnosed climatic conditions such as: solar radiation and solar brightness of the study scenario; as well as the technical conditions required. According to the results of the entire theoretical and research approach, as well as the scope of this project; the way is left open to continue with the study corresponding to the technical sizing of the proposed system and the diagnosis of the energy demand of the area, which are necessary for a possible execution of this research.

KEY WORDS: analysis, alternative energy, solar system, environment, Mantecal.

Introducción

El ambiente es necesario para todos y se debe conservar para no arriesgar su futuro. Estudios demuestran que las costumbres del hombre de hoy nos llevarían a un problema de difícil solución. Nos enfrentamos a una crisis ambiental, donde los seres humanos comenzamos a darnos cuenta que el desarrollo impacta en el deterioro ambiental (Apud, 2019; Ferrer et al., 2011). Por otro lado, la energía es imprescindible para mantener la calidad de vida. Hoy día existe gran tensión entre la demanda de más energía, en particular de electricidad, y las exigencias de que se proteja la vida, la salud y el ambiente. Aunque se ha pretendido analizar ambas problemáticas por separado, ya es bien aceptado que estas guardan estrecha relación, en otras palabras, ambas son variables de una misma ecuación político - estratégica cuya solución es en extremo compleja.

Pese a esto, se sabe por ejemplo, que para generar más electricidad, en algunas zonas posiblemente haya que construir represas e inundar grandes extensiones de tierra, también que sería preciso construir centrales nucleares o quemar combustibles fósiles cuando ya el 25% del CO₂ que se encuentra en la atmósfera

proviene de la generación de electricidad en centrales alimentadas con este tipo de combustible. Otras opciones vanguardistas sugieren la implementación de los llamados biocombustibles, una fuente potencial de energía renovable. Sin embargo, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son viables, y la mayoría implican altos costos sociales e irónicamente ambientales.

La electricidad desde hace mucho tiempo ya se ha instaurado en nuestra civilización como una necesidad de la cual no podemos prescindir y que va en aumento, ya que cada vez existen más dispositivos y/o aparatos que funcionan a partir de esta forma de energía, la cual dicho sea de paso es una de las más limpias. Sin embargo es importante aclarar que la energía eléctrica es una energía limpia pero solo en lo que respecta a su utilización, en cambio en su producción y transporte puede acarrear importantes consecuencias negativas sobre el medio, como lo son: ocupación de espacio para las instalaciones, utilización y consumo de recursos, generación de residuos materiales o energéticos, y quizás la consecuencia más relevante sea la modificación física, socioeconómica y hasta cultural de la zona de implantación o influencia.

La generación de electricidad depende principalmente de combustibles fósiles. Para finales del siglo pasado, más del 60% de la electricidad se produjo en centrales térmicas. Uno de los inconvenientes del uso de combustibles fósiles son las emisiones contaminantes locales y de gases de efecto invernadero. Por otro lado, las perspectivas del incremento del consumo de electricidad y los consecuentes problemas ambientales por la combustión parecen favorecer a la energía nuclear. Sin embargo, los problemas de seguridad originados por desechos radiactivos de alto nivel así como las características de la estructura actual del sector eléctrico, desfavorecen el uso de esta tecnología en el corto plazo.

En Venezuela por su parte la energía mayormente es hidroeléctrica, cuyo principio es transformar en electricidad la energía potencial de una masa de agua mantenida a desnivel entre un embalse y la central situada aguas abajo, en la cual la turbina acoplada a un alternador convierte en electricidad la energía mecánica del salto de agua. Esto implica la creación de un obstáculo (presa) en el cauce fluvial, que lleva asociado un cambio del régimen natural del río. Aunque el

funcionamiento de la central hidroeléctrica trae cierto impacto ambiental, los principales efectos están en la construcción de la presa y el régimen de operación del embalse. Las alteraciones fundamentales afectan el agua y el suelo, siendo escasa la incidencia sobre el cambio climático. Estas alteraciones dependen más del tamaño y localización del aprovechamiento hidráulico.

Es por todo esto que no es casual que desde hace algunos años la energía y el ambiente han comenzado a ocupar un lugar preponderante en la opinión pública. Esta creciente preocupación resulta consecuencia lógica de la toma de conciencia de que las alternativas energéticas deben ir asociadas a una mejor calidad de vida, objetivo el cual es de un más amplio alcance e importancia que el del mero consumo de energía. Luego se deben buscar los mecanismos para generar y transportar electricidad de una forma sostenible y respetuosa con el ambiente, por lo que surge la necesidad de desarrollar y difundir investigaciones sobre la energía eléctrica y su relación con el ambiente, de modo de fomentar conciencia a cada individuo frente al desarrollo sostenible a través de formas más eficientes de obtener energía y que respeten al medio.

En este orden de ideas, se han venido desarrollando alternativas a este escenario como la energía solar que, “es un recurso renovable, es decir, está siempre disponible, no se agota y se puede aprovechar en cualquier momento gracias a que es posible almacenarla” (Salamanca-Ávila, 2017). Desde tiempos remotos de la civilización, el hombre ha sido consciente del poder de la energía solar, y ha hecho uso de ella de diversas formas (Ladrón, 2018). En cuanto al desarrollo de la energía solar, este está delimitado por la intensidad y los ciclos de radiación solar captada por la superficie terrestre, las condiciones meteorológicas existentes y la posibilidad de convertir esta radiación en calor o electricidad.

Luego, en esta investigación, se plantea en primer lugar la hipótesis de que el uso de las energías alternativas o emergentes dan solución al problema del impacto ambiental de la generación de electricidad; para corroborar la misma, se debe interpretar la incidencia que a través del tiempo han tenido las energías convencionales en el medio y a la vez instruirse respecto a las fuentes alternativas, con lo cual se puede hacer una valoración del impacto de las energías tradicionales

y simultáneamente permite hacer un contraste con las fuentes renovables. Además, se aborda el estudio enmarcándolo en un radio de acción más específico, el cual es la parroquia Mantecal, municipio Muñoz del Estado Apure; planteándose así una propuesta de la fuente alternativa más viable para las condiciones geográficas y climatológicas de dicho escenario.

Siendo Mantecal una población ubicada en la región de los llanos venezolanos, posee un clima tropical en el cual se tienen básicamente dos periodos o temporadas: sequía y lluvia. Vale aclarar que en los últimos años con la agudización del cambio climático en el mundo, estas temporadas se han visto seriamente afectadas, cambiando los ciclos en que estas ocurrían, teniéndose ahora y cada vez más meses de sequía que sin duda han afectado los ciclos de siembra en la región. De igual manera esta situación ha trastocado seriamente el sistema eléctrico venezolano, el cual como ya se dijo es mayormente hidroeléctrico. Sin embargo, en esta nueva realidad se podría hallar una cierta ventaja en términos de fuentes alternativas de energía.

Las elevadas temperaturas que hoy día se hayan en la región llanera claramente se deben a la mayor incidencia que hoy tienen los rayos del sol sobre la misma, con lo cual se tiene allí una fuente primaria de energía, la solar. Entonces corresponde analizar la posibilidad de usar un sistema de generación eléctrica que se base en este tipo de fuente. La viabilidad del suministro de energía mediante implementación de un sistema solar fotovoltaico requiere la evaluación de varios aspectos entre los que se encuentran meteorológicos, energéticos, técnicos, financieros y de beneficio ambiental para justificar la “transición energética”.

1. Metodología

En primera instancia el enfoque de esta investigación es cualitativa, aunque presenta algunos datos estadísticos, estos simplemente se tomaron de una fuente para luego interpretarlos o analizarlos. En cuanto al nivel de investigación, esta se enmarca en una de tipo descriptiva, ya que se lleva a cabo todo un abordaje teórico para caracterizar el fenómeno de la generación de la energía eléctrica en general, estableciendo su estructura y su comportamiento; así como de las energías

alternativas y en particular el sistema solar. Así mismo, se tiene que el diseño de investigación es documental, puesto que se requirió de una exhaustiva revisión bibliográfica para obtener información detallada del fenómeno objeto de estudio.

En este mismo orden, la técnica para la recolección de información fue la búsqueda de fuentes bibliográficas de primera y segunda mano. Luego las técnicas de procesamiento de la información están referidas al conjunto de pasos a realizar con el objeto de poner de manifiesto y sistematizar dichos aportes. El propósito es el de descubrir, analizar, interpretar y reflexionar sobre el estudio planteado. Para ello en primer lugar se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura disponible, estableciendo estrategias de búsqueda y criterios de selección, lo cual permitió una eficiente documentación del tema a fin de contextualizar el fenómeno y explorar los referentes teóricos que existen. Finalmente se procedió a organizar la información a partir de la elaboración de gráficos de datos otorgados por las fuentes y un posterior análisis de los mismos.

2. Análisis

Comúnmente se denomina energía alternativa a aquella fuente planteada como opción a las tradicionales o clásicas (combustibles fósiles). Sin embargo, vale aclarar que no existe consenso respecto a qué tecnologías están englobadas en este concepto, y la definición de "energía alternativa" difiere según los distintos autores, en las definiciones más restrictivas, energía alternativa sería equivalente al concepto de energía renovable o energía verde, mientras que las definiciones más amplias consideran energías alternativas a todas las fuentes de energía que no implican la quema de combustibles fósiles (carbón, gas y petróleo); en estas definiciones, además de las renovables, están incluidas la energía nuclear o incluso la energía hidroeléctrica.

Una definición más precisa sobre energías renovables puede ser planteada así: "son aquellas que en un período determinado natural vuelven a disponerse en una cantidad similar a la que se ha gastado, dicho lapso de tiempo sería relativamente breve en un orden de magnitud a escala humana" (Peña, 2012). Entonces las energías renovables, como lo indica el término, se renuevan naturalmente, he allí

la razón por la que se suelen llamar energías verdes. De acuerdo a este enfoque, toda fuente renovable entraría en el orden de las energías alternativas. Otro hecho que corrobora esta última teoría es que además a lo largo de la historia el uso de estas fuentes ha sido mucho menor en comparación con las provenientes de combustibles fósiles.

Por otro lado, tenemos como ha sido la evolución de la energía a través de la historia, ya que desde siempre el hombre ha utilizado las energías renovables como fuentes; y no es hasta después de la revolución industrial cuando se inicia la utilización generalizada de los combustibles fósiles. Este último periodo de unos 200 años, se ha caracterizado por un consumo creciente e intensivo de energía que prácticamente ha acabado con esta fuente de energía no renovable. Con lo cual se tiene un primer problema, y es que es cada vez más costosa implementar instalaciones basadas en este tipo de energías, además del impacto ambiental que producen.

Al respecto, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha sido muy crítico, tal y como expresa Cabello (2006), existe un abuso de los recursos del ambiente “por una imposición de criterios y tecnologías desde la óptica de los países industrializados que son los que tienen los mayores requerimientos energéticos”. Luego la misma historia nos ha traído de vuelta la necesidad de retomar el uso de energías alternativas, así como también los últimos datos científicos sobre el cada vez más acentuado deterioro del planeta por la contaminación, que no tiene otro origen sino un uso desproporcionado de fuentes de energía basadas en combustibles fósiles. Respecto a esto Nina y Valencia (2007) comentan:

Mejorar la calidad de vida de las personas no radica solamente en proporcionarle mayor comodidad para el uso de nuevos objetos, sino de generar un mundo sin contaminación, para esto se requiere fomentar el uso de aparatos de energía renovable, así el usuario transmitirá conciencia en cadena.

Con lo cual se tienen dos grandes vertientes bien definidas que nos inclinan cada vez con mayor fuerza al uso de energías alternativas: Por un lado, la escasez de combustibles fósiles y por ende su elevado costo de producción; y por otro la

necesidad imperiosa de disminuir los niveles de contaminación en el planeta, como ya se había hecho énfasis.

Luego, profundizando sobre la contaminación generada a raíz del uso de combustibles fósiles, tenemos, por ejemplo, que las emisiones de gases por efecto invernadero (GEI) causadas por este tipo de energía, han aumentado las concentraciones de esos gases en la atmosfera.

En el Cuarto Informe de Evaluación (CIE) del IPCC se concluyó que la mayor parte del aumento observado en el promedio de las temperaturas desde mediados del siglo XX se debe muy probablemente al aumento observado en las concentraciones de GEI antropogénicas. (Edenhofer et al. 2011)

Entendiéndose por GEI antropogénicas a emisiones de gases no naturales, es decir causadas por la acción del hombre. Lo que indica con claridad la responsabilidad directa del ser humano en el aumento promedio de la temperatura global, causante a su vez de los cambios climáticos observados desde mediados del siglo pasado.

Es por estas razones que en los últimos tiempos desde diversas partes del mundo que organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, se han puesto en marcha en la búsqueda de soluciones que logren mitigar el impacto ambiental producido por las energías convencionales. Gomez, Murcia y Cabeza (2017) argumentan al respecto que sin embargo esto no ha sido suficiente para que personas naturales y jurídicas se motiven a destinar recursos en tales actividades por el costo inicial y por la falta de conocimiento de esta fuente de generación.

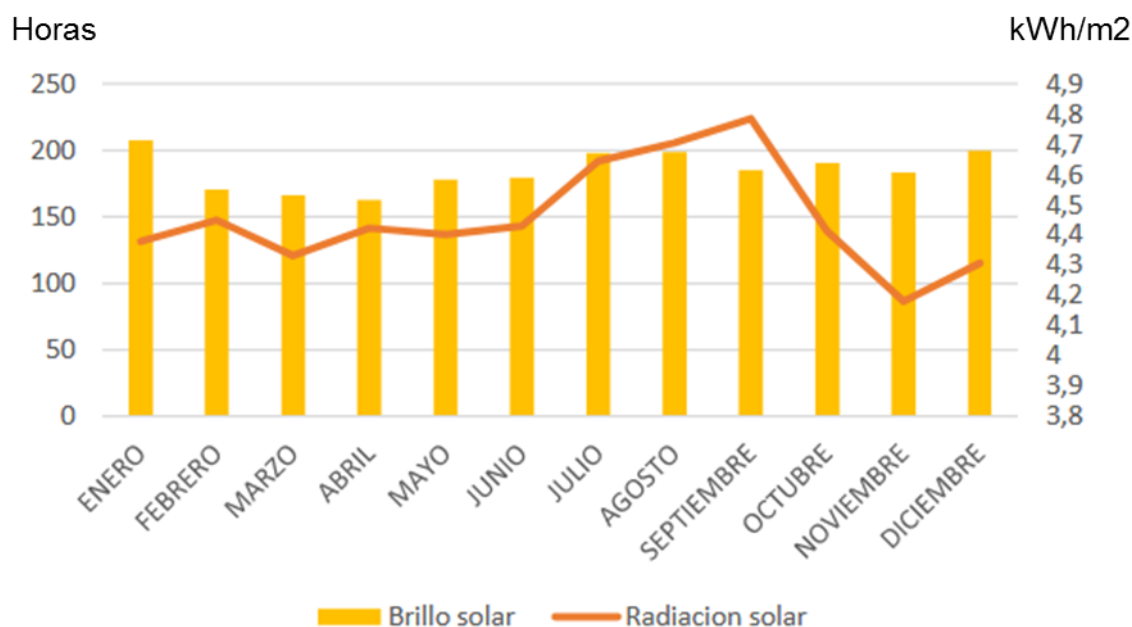
Entonces se deben dar los pasos en todos los niveles para contrarrestar el daño ambiental que ya se ha dejado claro está bastante avanzado. Ya se instauró líneas atrás el hecho de que las energías alternativas son sin lugar a dudas la opción ideal para generar electricidad de forma sustentable. Extrapolando el análisis a la población de Mantecal, se debe en primer lugar estudiar las condiciones climatológicas de esta región, con lo cual se podría proponer el modelo de fuente alternativa que mejor se adapte a dichas condiciones. Dicha energía renovable podría basarse en un sistema fotovoltaico, que técnicamente es un conjunto de equipos eléctricos y electrónicos que producen energía eléctrica a partir de la radiación solar (Perpiñan, 2018).

En este sentido, siendo el estado Apure una zona de características tropicales, cuyas elevadas temperaturas persisten durante prácticamente todo el año por tratarse de grandes extensiones de sabana; se propone como fuente de energía alternativa un sistema solar fotovoltaico, que básicamente “son sistemas que producen electricidad a partir de la luz solar” (Uzquiano et al., 2015). Para lo cual se requiere contar con información base del recurso solar disponible en la zona de estudio, medida correspondiente a radiación solar global sobre superficie horizontal en unidades de kWh/m². Existen datos de radiación solar global de muchos lugares del mundo recogidos en tablas y bases de datos, pero lo más recomendable es recurrir a la estación meteorológica más próxima al lugar de la instalación

Adicionalmente, se utilizan los datos de brillo solar y radiación con propósito de comparar estos parámetros que están relacionados directamente entre sí. También se requiere conocer la temperatura del lugar pues de esta depende la temperatura de trabajo de los módulos, lo que a su vez determina la eficiencia de operación de todo el sistema. Los datos se obtuvieron en la estación meteorológica ubicada en la sede del INEA de Mantecal. Vale destacar que aunque no se disponen, los datos de precipitación fueron requeridos de cara a la limpieza de la superficie de captación de los módulos fotovoltaicos. Esta parte constituye un aspecto importante como línea base del proyecto debido a que el funcionamiento de los paneles solares está directamente relacionado con el comportamiento climático del lugar de instalación.

Según los datos obtenidos y mostrados en la gráfica 1, es posible correlacionar estos parámetros para analizar el comportamiento del recurso solar en la zona de estudio. La relación planteada es radiación solar - brillo solar y las unidades de medida son el número de horas por cada mes y los kWh/m². Se puede observar en la gráfica que la tendencia para ambos parámetros es similar durante los meses del año. Para el mes del peor escenario de radiación solar global multianual se registra también uno de los peores valores de brillo solar dando correspondencia a las mediciones realizadas en la estación. Como ya se citó, el parámetro correspondiente a las precipitaciones no se encuentra disponible, pero no debe

obviarse en estudios de este tipo teniendo en cuenta que este último representa transversalmente el comportamiento de la nubosidad.



Gráfica 1. Radiación solar global vs Brillo solar

Por otro lado, el dimensionado del sistema fotovoltaico tiene que ver con la elección de los materiales de la instalación y las consideraciones previas a su cálculo (López, 2015). Dicho dimensionamiento no está dentro del alcance de esta investigación. Sin embargo, se pueden hacer algunas consideraciones a modo de propuesta. Existen diversos métodos que requieren un número elevado de datos correspondientes a radiación solar para su aplicación, estos datos no se encuentran disponibles. Por esta razón se propone el “método del peor mes”, por el cual el sistema se dimensiona con el propósito de que pueda trabajar en el mes en el que el recurso solar sea más desfavorable, de modo que en los meses restantes su funcionamiento está asegurado. Este método tiene validez general y proporciona resultados satisfactorios.

Entre los cálculos y consideraciones necesarias para obtener el dimensionado del sistema se encuentra la orientación e inclinación de los módulos, las horas solares pico, el factor de pérdidas del sistema, el número de módulos necesarios, la conexión de la instalación y el área necesaria que se debe destinar. La selección de

los módulos fotovoltaicos que mejor se adaptan a las condiciones requeridas es de acuerdo a la potencia nominal (kW) o máxima a partir de la cual puede calcularse el número de módulos o paneles necesarios para cubrir el consumo energético. La energía eléctrica que se produce en cada uno de los módulos fotovoltaicos que componen la instalación es almacenada en baterías (Sánchez, 2017). La cantidad de paneles que tenga el sistema es una variable limitante del área que se tenga dispuesta para la instalación.

Conclusiones

En primera instancia, se tiene que es de vital importancia el hecho que se estén desarrollando diferentes estudios sobre la situación energética, los cuales han arrojado que el uso indiscriminado de las fuentes no renovables son la principal causa de la crisis energética, la cual en la actualidad es realmente compleja. Luego, es precisamente esta realidad la que nos insta al estudio de las energías alternativas, ya que se hace necesario en un mundo responsable y consciente, apoyar un desarrollo tecnológico alternativo, sustentable y futurista. Entonces el uso de energías alternativas en lugar de las convencionales en los próximos años, pasa en primer lugar por la aceptación del hombre de su responsabilidad total en el caos que se encuentra inmerso el mundo.

En este mismo orden de ideas, se tiene que a partir de este estudio surgen interrogantes que abren la posibilidad de nuevas investigaciones, como pueden ser: ¿cuáles son las fuentes de energías alternativas que mejor se adaptan a las condiciones geográficas y climáticas de una determinada región?, así como también ¿hasta qué punto estas energías alternativas son sustentables? Es decir, develar la mejor opción en cuanto a energías emergentes en un territorio, para luego evaluar el impacto de la implementación de dichas fuentes en los tres factores en que se basa la sustentabilidad, estos son: ecológico, social y económico. Este impacto debe determinarse para corto, mediano y largo plazo; y de este modo se tiene una visión precisa de la sustentabilidad de las energías propuestas para combatir la problemática ambiental en la zona establecida.

Además, con esta investigación se concluye que la incidencia de las energías convencionales en el ambiente es innegable y muy negativa, esto es fundamentalmente a consecuencia del consumo incontrolado por mucho tiempo de combustibles que afectan directamente a una zona de la atmosfera que es vital para el mundo, la capa de ozono, razón que explica el por qué se ha incrementado el calentamiento en el planeta, con sus consecuencias en la salud del hombre, la extinción de especies vegetales y animales, entre otras. Así mismo, esta indagación ha revelado que se debe proyectar una migración progresiva hacia las energías alternativas, ya que las fuentes tradicionales lejos de reducir su producción, se espera que en los próximos años tengan un repunte considerable, esto para abastecer un incremento pronosticado en la demanda de electricidad.

La energía solar fotovoltaica ha sido motivo de algunos mitos y prejuicios que sin voluntad son los que dan mayor peso a sus impactos ambientales identificados. El impacto visual es generado por las personas que realizan la instalación sin integrarla adecuadamente al paisaje como ocurre con muchos elementos tales como cultivos intensivos en invernaderos. Este impacto puede desaparecer fácilmente logrando que las instalaciones se incorporen apropiadamente en el entorno. La disposición de los materiales peligrosos que componen el panel solar hoy en día es tema de investigación y desarrollo con el fin de mitigar esa etapa de su ciclo de vida a través de reciclarlo en un alto porcentaje, lo que posiciona este tipo de energía como una tecnología estratégica que en el corto plazo seguirá creciendo para ser más competitiva.

Como método para evaluar los beneficios ambientales de implementar un sistema solar fotovoltaico se utilizó una exhaustiva revisión bibliográfica la cual implicó acoplar información sobre los impactos típicos de los proyectos de interés. Para el caso de este estudio se tuvo en cuenta que en Venezuela las centrales hidroeléctricas tienen el porcentaje más alto de participación dentro del Sistema Interconectado Nacional como fuente de generación de energía, esto con el propósito de realizar una comparación basada en las ventajas que posee la energía solar fotovoltaica que la hacen idónea para ser competencia y/o complemento del uso de energía hidráulica.

Al diagnosticar el recurso de radiación solar se encontró que el rango oscila entre 4,1 y 4,7 kWh/m² en la zona de estudio. Se observa un comportamiento uniforme a lo largo del año que beneficia el uso de la energía solar como fuente de generación del recurso energético que demanda la población para el desarrollo de sus actividades. Las proyecciones correspondientes a costos de kWh por lo general muestran una tendencia al alza en el futuro, lo que representa un mayor valor de ahorro por el uso de energía solar fotovoltaica. Es importante recomendar la extensión de este análisis en cuanto al cálculo de todos los parámetros del dimensionamiento del sistema solar, así como del diagnóstico de la demanda energética actual de la población de Mantecal, de modo que pueda contarse con un proyecto con todas sus especificaciones técnicas.

Desarrollar el dimensionamiento bajo el peor escenario de radiación solar permite que la instalación funcione correctamente durante todos los meses del año debido a que las condiciones reales serán más favorables para el sistema y sus componentes, por lo cual se dice que la instalación es técnicamente viable. De igual manera esto permite dimensionar el sistema con los datos que se disponen, de modo que no hay excusa para que este proyecto no se continúe y luego se evalúe un posible escenario de ejecución del mismo, lográndose así el fin último de esta iniciativa, el cual no es otro sino el de disponer de una fuente de energía alternativa que ofrezca mayores bondades al medio y que este en una mejor armonía con los recursos naturales disponibles.

La precipitación en forma de lluvia no se considera un efecto negativo para la integridad del sistema sino por el contrario un factor beneficioso debido a que puede limpiar polvo e impurezas que lleguen a acumularse sobre la superficie de los módulos, sobre todo porque por su ubicación, el sistema con toda probabilidad quedaría expuesto a este tipo de suciedad. Esto además permite mejor incidencia de la radiación solar y por lo tanto mayor eficiencia del sistema. La presencia de la precipitación en los días que registran valores altos de temperatura, sería de gran ayuda para refrescar el sistema con el fin de que trabaje con mayor rendimiento. Lo ideal entonces es contar con este recurso y más aun con un registro en tiempo real del mismo.

Referencias

Apud, Z.; Apud, T. (2019). Ética ambiental: estudio exploratorio de la percepción estudiantil universitaria. *Revista Cientific*, 13(4), 221-238. Recuperado de: <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2019.4.13.11.221-238>

Cabello, A. (2006). *Solución para el desarrollo sustentable*. Argentina: Editorial Refinor S.A.

Edenhofer, O.; Pichs-Madruga, R.; Sokona, Y. (2011). Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Ferrer, T.; Arrieta, R.; Guijarro, M. (2011). Gestión tecnológica y desarrollo sustentable en la Arquitectura contemporánea. Estrategia de alto impacto social, *Revista de la Universidad del Zulia*, 2 (2), 62-81. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rluz/article/view/12642>

Gómez, J; Murcia, J; Cabeza, I. (2017). *La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas*. Bogotá, Colombia: Universidad Santo Tomás. Págs. 1-19

Ladrón, J. (2018). Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada. Madrid, España. Trabajo de Grado, Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad Politécnica de Madrid.

López, P. (2015). Diseño de una instalación solar fotovoltaica para el suministro de energía eléctrica de una vivienda aislada. Italia. Trabajo de Grado, Carrera de Ingeniería Técnica Industrial Especialidad en Electrónica Industrial, Universidad Rovira I Virgili

Nina, N.; Valencia, D. (2007). *Energía Alternativa: Reemplazo de la cocina de combustible fósil, por una cocina de energía solar*. Santiago, Chile. Trabajo de Grado, Carrera de Diseño Industrial, Universidad de Chile.

Peña, R. (2012). *Introducción a las energías alternativas*. San Luis Potosí, México. Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Perpiñán, O. (2018). Energía solar fotovoltaica. España: Editorial Creative Commons.

Salamanca-Ávila, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. *Revista Científica*, 30(3), 263-277. Recuperado de: <https://doi.org/10.14483/23448350.12213>

Sánchez, E. (2017). Instalación solar fotovoltaica para vivienda rural. La Coruña, España. Trabajo Fin de Grado, Carrera de Tecnologías Marinas, Universidad de la Coruña.

Uzquiano, C.; Sullivan M.; Sandy, X. (2015). Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani. Bolivia: Artes Gráficas Sagitario S.R.L.