

**Análisis del Potencial Fotovoltaico de los Campus Universitarios
de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa.**

**Analysis of the Photovoltaic Potential of the University Campus
of the State University of the South of Manabí, Jipijapa.**

Juan Manuel Guerrero-Calero¹
Universidad Estatal del Sur de Manabí - Ecuador
juan.guerrero@unesum.edu.ec

Rene Gras-Rodríguez²
Universidad Estatal del Sur de Manabí- Ecuador
rene.gras@unesum.edu.ec

Bryan Cruz-Macias³
Universidad Estatal del Sur de Manabí- Ecuador
bryan.cruz@unesum.edu.ec

Rodrigo Cabrera-Verdezotor⁴
Universidad Estatal del Sur de Manabí- Ecuador
rodrigo.cabrera@unesum.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2023.6.2080

V8-N6 (nov-dic) 2024, pp. 333-341 | Recibido: 8 de agosto del 2023 - Aceptado: 15 de septiembre del 2023 (2 ronda rev.)

1 Docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>

2 Docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6220-9422>

3 Docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3462-6928>

4 Docente de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9560-5795>

Guerrero-Calero, J., Gras-Rodríguez, R., Cruz-Macias, B. & Cabrera-Verdezoto, R., (2023). Análisis del Potencial Fotovoltaico de los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa.. 593 Digital Publisher CEIT, 8(6), 333-341, <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.6.2080>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

La producción de electricidad mediante el empleo de sistemas solares fotovoltaica es da en función al estudio de irradiación electromagnética, misma que se ha convertido en una de las principales alternativas de energía renovable, para contrarrestar los efectos del calentamiento global, al tratarse de un recurso prácticamente ilimitado que no emite gases de efecto invernadero y se encuentra disponible en todo el planeta, donde es indispensable identificar las zonas geográficas con potenciales solar, adecuados para su aprovechamiento.

El estudio titulado "Análisis del potencial fotovoltaico de los Campus de la Universidad Estatal del Sur de Manabí" tiene como objetivo de analizar el comportamiento de la irradiación solar histórica durante el periodo 2012 – 2022, con información adquiridas de estaciones meteorológicas y la plataforma Power Data Access Vierwer, para determinar la el potencial energético de los Campus Universitarios, con la proyección de implementar en las edificaciones del centro de educación superior sistemas fotovoltaicos, utilizando los métodos cualitativo- cuantitativo y potencial, permitieron analizar los datos estadísticos del área de estudio, calculado la irradiación global o potencial energético existente en cada uno de los campus universitarios, obteniendo como resultado que el campus Los Ángeles y El Complejo mantiene un mayor potencial con 4065 W/m² a diferencia de Edificio Central 3998 W/m² y Divino Maestro 3990 W/m², contrastando los resultados con el software estadísticos SPSS 21, Minitab 19 y el programa ArcMap 10.8 definiendo las horas solares pico (HSP), y potencial energético existente.

Palabras clave: potencial fotovoltaico, horas solares pico, irradiación, consumo energético.

ABSTRACT

The production of electricity through the use of photovoltaic solar systems is given based on a study of electromagnetic irradiation, which has become one of the main renewable energy alternatives, to counteract the effects of global warming, as it is a resource practically unlimited that does not emit greenhouse gases and is available throughout the planet, where it is essential to identify the geographical areas with solar potential, suitable for its use.

The study entitled "Analysis of the photovoltaic potential of the Campus of the South State University of Manabí" aims to analyze the behavior of historical solar irradiation during the period 2012 - 2022, with information acquired from weather stations and the Power Data platform. Access Viewer, to determine the energy potential of the University Campuses, with the projection of implementing photovoltaic systems in the buildings of the higher education center, using the qualitative-quantitative and potential methods, allowed to analyze the statistical data of the study area, calculated the global irradiation or existing energy potential in each of the university campuses, obtaining as a result that the Los Angeles campus and the Complex maintain a greater potential with 4065 W/m², unlike the Central Building 3998 W/m² and Divino Maestro 3990 W/m², contrasting the results with the statistical software SPSS 21, Minitab 19 and the ArGis 10.8 program, defining the peak solar hours (HSP), and existing energy potential.

Keywords: photovoltaic potential, peak solar hours, irradiation, energy consumption.

Introducción

La historia de la humanidad es un corolario de la disponibilidad y uso de las fuentes de energía, desde las épocas más antiguas hasta un futuro visionario. Civilización, cultura, desarrollo y otros aspectos evolutivos de la especie humana son una consecuencia del descubrimiento y evolución de nuevas (y generalmente mejores) fuentes de energía y de la eficiencia de su uso en beneficio de la sociedad (Pacheco & Yormy, 2015).

La energía solar se puede usar directamente para calentar, enfriar o iluminar viviendas y edificios, así como para el abasto doméstico de agua caliente, en cumplimiento de todos los requisitos térmicos e higiénicos básicos, para los ricos y pobres de los países desarrollados o en desarrollo (Gazzoni et al., 2010).

En latino América, la radiación solar media supera los 4 kWh/m²/día. Pero existen áreas especiales cuyos índices de irradiación solar son aún más altos, como el noroeste de México, con valores de 6 kWh/m²/día, así como Honduras y algunas partes de Cuba, República Dominicana, Perú, Bolivia y Brasil, donde los índices de radiación solar son de 5 kWh/m²/día o más (Gazzoni et al., 2010).

El Ecuador, debido a su ubicación geográfica posee un elevado potencial de irradiación solar durante todo el año, según Arla et al., (2017) la energía solar en Ecuador es muy elevada debido a su ubicación en la zona intertropical, Según (Echegaray-Aveiga et al., 2018) mismo que alcanza un promedio de 4.378 (kW -h/m² día). El potencial fotovoltaico en Ecuador, como lo indica (Jara, 2021) la “tierra apta” para desarrollar energía fotovoltaica complementaria es el 9,3% del territorio nacional (23819 km²), y la “tierra más adecuada” para desarrollar fotovoltaica complementaria es 805km²o 0,32% del territorio nacional, lo que daría como resultado un potencial teórico bruto de 35,7 GWp (61,5GWh / año) la provincia de Manabí es un territorio idóneo para implementar

sistemas fotovoltaicos debido a su elevado nivel de irradiación solar.

La Universidad Estatal del Sur de Manabí busca en un futuro potenciar y utilizar energías renovables sea fotovoltaica, biomasa o eólica, para ubicarse en el campo académico como uno de los primeros centros de educación superior en tener infraestructuras ecoeficientes, en producción de energía amigable.

Específicamente, en el Cantón Jipijapa, donde se ubica el centro de educación superior no existe un registro de la cantidad de irradiación solar, donde están ubicados los Campus de la Universidad, siendo una necesidad identificar las zonas con el mejor potencial solar para la ejecución de proyectos fotovoltaicos, de tal forma se pueda maximizar la producción de energía y optimizar el retorno de inversión a largo plazo, disminuir los efectos de cambio climático, reducir la dependencia de los combustibles fósiles que ocasiona diversos impactos desde la academia.

El desconocimiento del verdadero potencial de la energía solar fotovoltaica se dispone en la ciudad de Jipijapa, mismo que viene acarreado por la ausencia de estudios que permiten identificar las zonas estratégicas para un uso óptimo, mostrada de forma sintetizada a manera de mapas solares que faciliten el registro de la cantidad de irradiación de un lugar específico y en un periodo determinado, de esta manera favorece el desarrollo de estudios de viabilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos en áreas determinadas, teniendo en cuenta las escalas adecuadas y los sectores definidos.

El uso de aplicaciones y bases de datos tales como Power Data Access Vierwer, (2022), softwares estadísticos como SPSS21, Minitab19 y cartográfico como el ArcMap 10.8 que permiten reflejar el potencial fotovoltaico que tienen el Campus Universitario, en aplicación del método potencial.

El análisis empleando de bases de datos recolectadas por las diferentes estaciones

meteorológicas distribuidas en diferentes puntos del país, identifica que existe un aporte del 0.017% de energía fotovoltaica, con respecto al total de generación eléctrica a nivel nacional, misma que permite impulsar la implementación de este tipo de tecnología especialmente a zonas de difícil acceso, que aún se encuentran privadas de uno de los servicios básicos más importantes, la electricidad (Santos et al., 2017).

Bajo este contexto el desarrollo de la investigación pretende analizar el potencial energético fotovoltaico que tienen los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, permite identificar el Campus más eficiente o con potencial solar para posteriores instalaciones de sistemas fotovoltaicos.

Metodología

Área de estudio

El desarrollo de esta investigación se contempla en analizar el potencial energético que tienen los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí ubicados en el Cantón Jipijapa, Manabí.

En la Tabla 1 se contempla las carreras u ocupaciones que se desarrollan en los campus universitarios que posee la Universidad Estatal del Sur de Manabí en la ciudad de Jipijapa.

Tabla 1
Caracterización del Área de Estudio

Campus Universitarios	Carreras/ Ocupación	Coordenadas X Y	
		X	Y
Los Ángeles	Carreras de Enfermería, Lab. Clínico, Agropecuaria, Forestal, Civil, Administración, Turismo, Educación	548529.93	9850749.35
El Complejo	Carreras de Telemática, Tecnología de la Información	547901.39	9851183.66
Divino Maestro	Carrera de Ingeniería Ambiental	544736.90	9849654.14

Edificio Central	Instituto de Posgrado, Capacitaciones, congresos	546989.78	9850769.08
------------------	--	-----------	------------

Diseño de investigación

La presente investigación tiene como fin determinar ¿Cuál es el potencial energético para la implementación de paneles solares fotovoltaico en los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí?, en donde se aplica un proceso de carácter mixto, cuyo objetivo es la exploración relativa al tema o problema con miras a establecer un análisis investigativo que describa los datos cualitativos y cuantitativos de cada uno de los hechos o fenómenos a investigar.

El estudio contempla el potencial fotovoltaico que disponen los Campus Universitarios distribuidos en diferentes lugares correspondientes al Cantón Jipijapa, estudio que permite identificar las horas solar pico, que fueron transformadas a W/m², de este modo se estableció la irradiación global de cada Campus reflejados a través de curvas de nivel y un mapa solar, datos desarrollados en software tales como SPSS21, Minitab19 y ArcMap 10.8, para observar el potencial calculado.

Métodos

Método cualitativo – cuantitativo

La aplicación de este método va en función a la extracción de información descargada de la plataforma Power Data Access Vierwer para obtener la base de datos desde el 2012-2022, verificando cuál es el Campus con mayor número de horas solares pico, mismo que fue transformada en W/m², información relevante que se agrupo en una tabla de Excel 2019 para ingresarlos al software estadístico Minitab 19 y realizar la prueba estadística de Tukey para comprobar la variancias entre la medias y Statistical Package for Social Sciences 21 (SPSS), para poder obtener la graficas e interpretar el Campus con mayor potencial fotovoltaico y proyectar la implementación de sistemas fotovoltaicos.

Método potencial

Para la aplicación de este método se recopiló una base de datos obtenida de la Power Data Access Vierwer, misma que se empleó para obtener la hora solar pico de los diversos Campus de la Universidad Estatal del Sur de Manabí, en selección de datos históricos desde el 2012 – 2022, de esta manera se estableció el punto con mayor captación de irradiación solar, contrastado en mapa realizado en el ArcMap 10.8.

Para calcular el potencial energético o irradiación global de los datos se aplicó la siguiente fórmula contemplada en la tabla 2:

Tabla 2
Ecuación de cálculo de Irradiación global.

Ecuación de Irradiación global	Significado
$Ig:hsp \times 1000w/m^2$	Ig: Irradiación global Hsp: Hora solares pico

Nota: Dufour (2008)

Procedimientos

Para el desarrollo del proyecto se contemplaron una serie de pasos que se llevaron a cabo para explorar la capacidad de Irradiación global en cuatros Campus de la Universidad Estatal del Sur de Manabí.

Como primer paso se empezó a tomar las coordenadas de los Campus, para posteriormente ser ingresadas a la plataforma Power Data Access Vierwer y verificar los datos correspondientes de los años 2012 - 2022, donde se sintetizaron y compararon la irradiación solar de esta década, en cada uno de los Campus, cabe resaltar que estos datos fueron homologados en una tabla de Excel para visualizar en que mes del año existe mayor potencial.

Los datos fueron ingresados en el software estadístico Minitab 19 para ejecutar la prueba estadística de tukey con un nivel de confianza del 95%, en una comparación de medias y observar cuál de los Campus posee el mayor potencial fotovoltaico.

La ejecución del mapa solar en el Arcmap 10.5 empezó con una adaptación del lienzo e ingreso de las coordenadas en el sistema UTM WGS84 17s con los datos de las horas solares picos y la potencia medida en W/m² ubicadas en los Campus Universitarios de muestra, donde se procedió a realizar una interpolación por medio del método IDW que se encuentran en el (ArcToolbox - Spatial Analyst Tools – Interpolation, eligiendo la gama de colores acordé al mapa en (Properties - Symbology - Stretched), en la misma ventana, en el apartado de Labeling donde se añadieron 6 intervalos que fueron representados en la leyenda, complementados con los símbolos de Norte, escala, leyenda, tarjeta, el sistema de georreferenciación., donde se agregó un nuevo data frame para añadir el mapa de ubicación de los Campus Universitarios para su respectivo análisis y el estudio de los fenómenos con el objetivo de obtener nuevos conocimientos y características de sus interrelaciones espaciales.

Análisis Estadístico

Mediante las bases de datos descargadas desde el año 2012 - 2022 se procedió a calcular el promedio anual de horas solares pico, transformando estos datos a potencia, con las unidades de medida en W/m², mismo que fueron ingresado al Software estadístico Minitab19 donde se realizó la prueba estadística de tukey y se determinó el Campus con mayor potencial.

En la Table 3 se observa la comparación de medias aplicadas en el Software estadístico Minitab19

Tabla 3.
Medias Comparativas

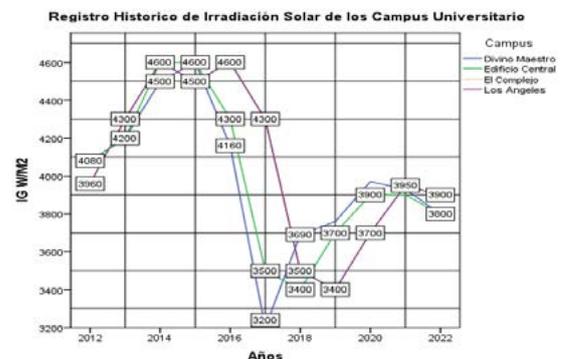
Campus	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Universitarios Divino Maestro	11	3990	390	(3739; 4241)
Edificio Central	11	3998	402	(3747; 4249)
El Complejo	11	4065	426	(3814; 4315)
Los Ángeles	11	4065	426	(3814; 4315)

En la tabla 3, se puede constatar la aplicación de la prueba estadística de tukey con un nivel de confianza del 95%; esta prueba presenta la comparación de las medias de muestras generales de los cuatro Campus de muestreo pertenecientes a la Universidad Estatal del Sur de Manabí, lo cual se puede evidenciar que el Campus Los Ángeles y El Complejo tienen el mayor potencial fotovoltaico, lo que demuestra que si existe diferencia estadística en la comparación de las medias con las demás áreas de estudio.

Resultados

La figura 1 presenta los niveles de irradiación solar que se ha presentado durante 10 años donde los Campus Los Ángeles ,El Complejo y El Edificio Central en el año 2014 presentaron valores de 4600 W/m² mientras que el 2015 El Edificio Central y el Campus Divino Maestro alcanzaron estos mismo valores , debido que estos años poseían temperaturas cálidas y con pocas precipitaciones, en comparación a las Irradiaciones presentadas en los últimos años 2021 y 2022 han presentados valores entre 3800 a 3950 W/m² considerándose valores bajos por las precipitaciones e irradiaciones difusas presentadas en estos años.

Figura 1
Irradiación Solar de los Campus de la UNESUM



La tabla 4 muestra las horas solares pico promedio de los Campus Universitario considerando el registros históricos de las horas solares picos de la base de datos de los Campus, como resultado a través de la prueba estadística de tukey con un nivel de confianza del 95% aplicado en el software estadístico Minitab 19; determino que los Campus Los Ángeles y El Complejo mantienen un total de 4,065 HSP al día, donde los paneles solares podrán producir el mayor porcentaje de energía, a diferencia de Edificio Central y Divino Maestro que las HSP están en 3,990 a 3,998.

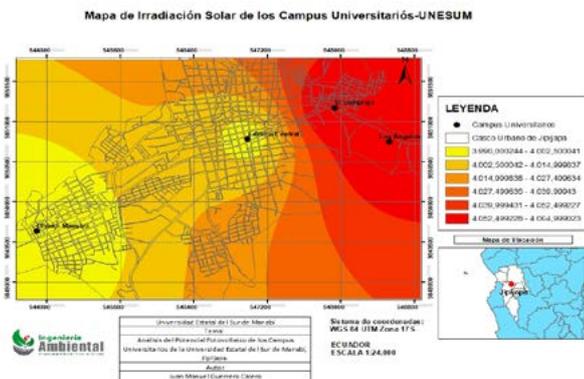
Tabla 4
Horas solares picos

Campus	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Universitarios Divino Maestro	11	3,990	0,390	(3,739; 4,241)
Edificio Central	11	3,998	0,402	(3,747; 4,249)
El Complejo	11	4,065	0,426	(3,814; 4,315)
Los Ángeles	11	4,065	0,426	(3,814; 4,315)

La figura 2 muestra el mapa solar de los Campus Universitarios determinando la cantidad de irradiación solar sobre la tierra, mima que se refleja por tonalidades naranja que representa los niveles más altos de irradiación, decrece desde 4065 -3990 W/m² a una tonalidad amarilla lo

que significa que las irradiaciones pueden variar por condiciones climáticas que se presentan en el Cantón.

Figura 2
Mapa de Irradiación Solar



Discusión

La energía fotovoltaica es una de las medidas aplicadas para contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el consumo de los combustibles fósiles, el estudio comprendido en analizar el potencial fotovoltaico de los Campus Universitarios de la Universidad Estatal del Sur de Manabí con la proyección de instalar estos sistemas y abastecer en consumo energético producido por cuatro carreras.

En el orden de ideas (Ospino, 2010), analizo el potencial en la región del caribe indicando en sus resultados que la irradiación solar es equivalente a 5400 W/m^2 representado 5,4 horas solares pico, del total de horas de luz diaria, donde el panel es capaz de generar la máxima potencia de salida, considerando que la región del Caribe se puede encontrar tasas muy alta de irradiación solar debido a la posición en la línea del Ecuador y a diferencia de los estudios de Marín et al., (2018) la producción energética promedio es de 4000 W/m^2 de Techumbre equivalente a 4 horas, a diferencia de este estudio, los resultados más eficiente fueron los del Campus Los Ángeles y El Complejo resaltando un potencial de 4065 W/m^2 y un promedio de 4,06 HSP, por otra parte (Trejos & Foronda-Gutiérrez, 2022) en el análisis que

desarrolla a través de una revisión bibliográfica de alrededor de 200 artículos, determino que la herramientas más eficientes para el análisis fotovoltaicos son RETScreen Expert, SAM y PVsyst, misma que incorporan dentro de sus funciones determinaciones del potencial energético en zonas determinadas y diseñan sistemas fotovoltaicos con los componentes más idóneos para implementación .

El contraste de los mapas son diversas la metodología usadas para la misma, en esta investigación fueron datos que se ingresaron al programa ArcMap, donde el proceso fue realizar una interpolación, en el estudio de Martín, (2014), la estimación de la irradiación solar se determinó con el uso de la extensión 'SolarAnalyst' de ArcGIS, herramienta que calcula la irradiación global considerando la posición del Sol y cualquier elemento topográfico, edificios y árboles definidos en el MDS de la zona que generan sombras, analizando también su pendiente y orientación. La aplicación de isolíneas es el contraste de una metodología que permite visualizar las condiciones de lluvia que inciden en reducir la cantidad de radiación (Ospino, 2010). Mientras otros estudio como el de Duarte, (2020), que utilizan herramientas virtuales como Project Sunroof do Google para observar el contraste de radiación.

Travesset-Baro et al., (2021) en su estudio utiliza otras herramientas GIS como el software Qgis y el método viewshed, el cual le permitió identificar las zonas del terreno con visión directa respecto a uno o varios puntos (edificios). De esta manera, y teniendo en cuenta la trayectoria solar, se obtuvo la zona a incluir en el MDE teniendo en cuenta tanto el terreno como los edificios, a diferencia de este estudio, siendo el primero procedimiento de datos tabulados en software estadísticos, para su posterior contraste en el Arcmap.

En los últimos años los sistemas fotovoltaicos son cada vez más rentables, desde un punto de vista económico se toma en consideración la disminución del costo de esta tecnología y al aumento del costo de la energía eléctrica (Quinde-Abril et al., 2022). Además,

los incentivos gubernamentales y el aumento de la capacidad instalada pueden hacer que los sistemas fotovoltaicos sean aún más rentables en el futuro.

Conclusiones

El análisis desarrollado en este estudio demuestra que el potencial fotovoltaico que tiene los Campus Los Ángeles y El Complejo contrastan un total de 4,06 Horas equivalente a un total de 4065 W/m² mayor y eficiente para la proyección de implementar sistemas fotovoltaicos en el centro de educación superior.

Sin embargo, no significa que los campus Edificio central y Divino maestro no son viables para estos sistemas, es decir el rendimiento, eficiencia e inversión del sistema no tendrá el mismo rendimiento, por el nivel de potencial energético determinado, mismo que se diferencia y se contrasta en los resultados a comparados entre los campus Los Ángeles con 4065 W/m² y Divino Maestro con 3,990 W/m².

De esta manera, se pueden implementar medidas efectivas y fomentar la adopción de prácticas amigables con el medio ambiente. Además, es esencial que se incentive a la ciudadanía a adoptar nuevas tecnologías para reducir las emisiones y otros problemas ambientales.

Referencias Bibliográficas

- Arla, S., Tapia, M., Guasumba, J., Martínez, J., Asitimbay, J., & Tapia, E. (2017). Validación del Recurso Solar en el Ecuador para Aplicaciones de Media y Alta Temperatura. *INNOVA Research Journal*, 2(7), 34–45. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n7.2017.226>
- Duarte, A. (2020). *ANÁLISE DO POTENCIAL FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL EM PORTO ALEGRE*. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL ESCOLA DEGENHARIA.
- Echegaray-Aveiga, R., Masabanda, M., Rodriguez, F., Toulkeridis, T., & Mato, F. (2018). Solar Energy Potential in Ecuador. *International Conference on EDemocracy & EGovernment (ICEDEG)*, 2573–1998. <https://doi.org/10.1109/ICEDEG.2018.8372318>
- Gazzoni, D., Azurdía, I., Blanco, G., Estrada, C., & Carvalho, I. (2010). *Energía sustentable en América Latina y Carabí: Potencial para el futuro*.
- Jara, J. (2021). *Potencial solar fotovoltaico del Ecuador*. Celec Ep. <https://www.centrosur.gob.ec/>
- Marín, D., Zalamea, E., & Barragán, A. (2018). Potencial fotovoltaico en techumbre de edificios industriales de alta demanda energética, en zonas ecuatoriales. *Revista Hábitat Sustentable*, 8(1), 28–41.
- Martin, A. (2014). *MODELO GEOGRÁFICO PARA LA ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL FOTOVOLTAICO EN TEJADOS. CASO DE ESTUDIO: MIRAFLORES DE LA SIERRA*. Universidad Complutense de Madrid.
- Mosquera Palacios, O. (2017). Evaluación del potencial solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en la unidad educativa Juan Abel Echeverría de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi. Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico autosustentable. Obtenido de Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ospino, A. (2010). Análisis del potencial energético solar en la región caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico. *Inge Cuc*, 6(1), 95–102. <http://revistascientificas.cuc.edu.co/index.php/ingecuc/article/view/296>
- Pacheco, M., & Yormy, M. (2015). Recursos naturales y energía. Antecedentes históricos y su papel en la evolución de la sociedad y la teoría económica. *Energética*, 45, 107–115. <https://www.redalyc.org/pdf/1470/147040741010.pdf>
- Quinde-Abril, M., Calle, J., & Armador, J. (2022). *Design of a Photovoltaic System for Self-consumption in Buildings at High-Altitude Cities Located in the Equator BT* (Communicat).

- Santos, R. M. B., Sanches, L. F., Cortes, R. M. ., Varandas, S. G. ., Jesus, J. J. ., & Pacheco, F. A. . (2017). Integrative assessment of river damming impacts on aquatic fauna in a Portuguese reservoir. *Science of The Total Environment*, 601–602, 1108–1118. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.255>
- Travesset-Baro, O., Vilella, M., & Borges, P. (2021). Hacia la autosuficiencia energética en las ciudades. análisis del potencial solar fotovoltaico a escala urbana en el Principado de Andorra. *CienciAmérica*, 10(3), 25–40. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i3.369>
- Trejos, A., & Foronda-Gutiérrez, L. A. (2022). Evaluación de herramientas computacionales para análisis de sistemas fotovoltaicos. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(02). <https://doi.org/10.25100/iyc.v24i02.11516>