

Incorporación de plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica Manduriacu, Ecuador

Incorporation of floating photovoltaic plants in the reservoir of the Manduriacu hydroelectric plant, Ecuador

Autor:

Jesús Heriberto Méndez Duran



Instituto Tecnológico Superior Luis Tello

Ciudad: Esmeraldas

País: Ecuador

Correo electrónico: jhmendez@istlulistello.edu.ec

Citación/cómo citar este artículo:

Méndez, J (2023). Incorporación de plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica Manduriacu, Ecuador: Revista Social Fronteriza 3(2) pp 264 -278 DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7772889>

Enviado: enero 16, 2023 **Aceptado:** marzo 03, 2023 **Publicado** marzo 5, 2023



Resumen

Este estudio se hizo por necesidad de integrar una planta fotovoltaica flotante en el Embalse de la hidroeléctrica Manduriacu-Ecuador, para el beneficio de suelo e infraestructura eléctrica, para lo cual se buscará una secuencia lógica de actuaciones necesarias. Esta investigación se centra en el contexto y los obstáculos que requiere el proyecto, centrándose en el análisis de alguno de los aspectos sociales, ambientales, legales, económicos, técnicos y políticos, establece y valora la viabilidad del desarrollo del propósito de implantación fotovoltaica y determina que es el más adecuado para su ejecución. Para el desarrollo investigativo se debió utilizar un tipo de investigación descriptivo con una metodología cualitativa por medio del instrumento revisión bibliográfica de artículos, revistas, libros y fuentes de alto impacto académico que contribuyen en dar sustento a la investigación. De las conclusiones se obtiene que incorporar Plantas fotovoltaicas flotantes cumple con el objetivo de garantizar el abastecimiento de electricidad limpia en el Ecuador.

Palabras claves: Plantas fotovoltaicas flotantes; Energía renovable; hidroeléctrica Manduriacu.



Abstract

This study was made of necessity of integrating a floating photovoltaic plant in the Manduriacu-Ecuador hydroelectric dam, for the benefit of land and electrical infrastructure, for which a logical sequence of necessary actions will be sought. This research focuses on the context and obstacles required by the project, focusing on the analysis of some of the social, environmental, legal, economic, technical, and political aspects, establishes and assesses the viability of the development of the purpose of photovoltaic implementation and determines that it is the most appropriate for its execution. For the research development, a type of descriptive research with a qualitative methodology should be used through the instrument of bibliographic review of articles, journals, books, and sources of high academic impact that contribute to support the research. From the conclusions it is obtained that incorporating floating photovoltaic plants meets the objective of guaranteeing the supply of electricity renewable in Ecuador.

Keywords: Floating photovoltaic plants; Renewable energy; Manduriacu hydroelectric plant.



Introducción

El ministerio de Energía y Minas (2022) en su proyecto Central Hidroeléctrica Manduriacu consiste en una presa de gravedad convencional de hormigón compactado con vibrorrodillo de 61,4 m de altura, tomando en consideración que desde el fondo del cimiento hasta la parte superior de la presa se ubican dos tomas planas desde el cuerpo de la presa hasta la margen derecha del río, y dos tuberías de presión de 4,50 m de diámetro y 49,50 m de longitud. La instalación semienterrada está equipada con dos centrales hidroeléctricas Kaplan de 32,5 MW con un caudal total de 210 metros cúbicos por segundo y una altura neta máxima de agua de 33,70 metros. La instalación utiliza agua del río Guairabamba con un caudal promedio anual de 168,9 m³/s, que puede ser utilizada para generación hidroeléctrica (Ministerio de Recursos y Energía, 2022).

A su vez Blanco y Coviello (2015) proponen que la necesidad de reducir los costos asociados a la construcción y puesta en marcha de proyectos energéticos hace posible cualquier idea para tratar de reducir este increíble proyecto, siempre y cuando cumpla con los parámetros técnicos, estándares internacionales y sus pronósticos de liquidez sean de utilidad. El objetivo del proyecto propuesto es reducir los costos y permitir la negociación de la energía generada en el mercado comercial. Además, Alcantara (2018) expresa que teniendo en cuenta el impacto casi nulo sobre el medio ambiente, ya que se cambiará todo el sistema solar de un dispositivo en tierra (on land) a un dispositivo en un lago (flotante), lo que optimizará la presencia de espejos, la presencia de agua. Esto nos permite hablar de optimización energética, generando más energía por unidad.

Así mismo (Padilla y Castillo, 2021) en su estudio demuestran que la instalación de sistemas solares flotantes reducirá hasta en un 80% el porcentaje de agua saludable que se evapora del área cubierta. Este es un buen indicador para la mitigación en áreas con escasez de agua y para plantas hidroeléctricas que tienen más agua disponible y pueden aumentar la producción de electricidad.

Finalmente, una técnica para aumentar la potencia de salida de las células fotovoltaicas es el enfriamiento térmico. La presencia de agua en el entorno funcional proporcionará



una transferencia de calor por convección entre las células solares y el entorno acuático, creando un efecto de enfriamiento que aumenta la eficiencia de la generación de energía entre un 10 % y un 15 % (Gomez, 2016). Por ello se desarrolla esta investigación con el objeto de Incorporar Plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica Manduriacu, Ecuador para lograr cumplir con el objetivo de garantizar el abastecimiento de electricidad en el Ecuador.

Desarrollo

Para lograr analizar la adaptación de estas plantas en el embalse, se debe entender las etapas de función del sector eléctrico, desarrollado en la figura 1;

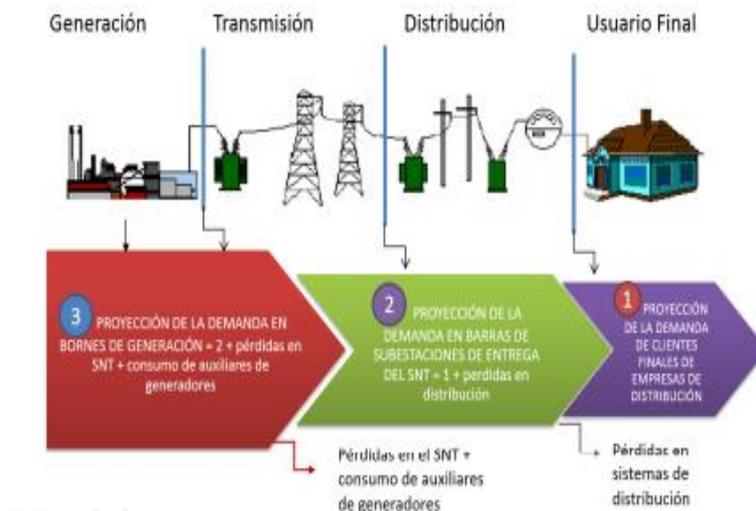


Figura 1 Etapas funcionales del sector eléctrico.

Fuente: (Ministerio de Recursos y Energía, 2019).

En general se destaca según el artículo publicado por (MINCYT, 2007) de Argentina que existen cuatro etapas desde la generación de electricidad hasta su hogar: generación de electricidad, transmisión de electricidad, distribución de electricidad y venta de electricidad. La generación eléctrica es la etapa de producción de electricidad en equipos capaces de obtener electricidad a partir de fuentes de energía primaria. Para esto se debió realizar un estudio de proyección de demanda para lo cual se obtuvo que El estudio de proyección de demanda eléctrica considera tres escenarios de crecimiento,

pero como se describe a continuación, se propone un plan de expansión de generación para el caso base y un plan de expansión de generación para la matriz de generación. En Ecuador (Ministerio de Recursos y Energía, 2019) realizado un estudio de proyección de demanda para 2018-2027 tiene tres supuestos basados en la distribución mensual y anual de cargas individuales a nivel de transmisión, vías de subestación y terminales de generación de energía:

Supuesto 1 (Tendencia): Considere una tendencia alcista en la demanda. · Supuesto 2 (caso base): Considere: pronóstico de la tendencia de la demanda de electricidad, programas de eficiencia energética, carga única, incluidas las empresas de distribución; Energía Interconectada Petrolera (SEIP), entre uno de sus objetivos es optimizar los recursos energéticos de manera holística. · Supuesto 3 (caso matriz de producción): Considera al supuesto 2 y grandes industrias clave como aluminio, cobre, acero y papel. Cada supuesto propuesto representa un requisito de capacidad de generación diferente.

Sin embargo, los planes de expansión de la producción deben ser una solución robusta que responda adecuadamente a la incertidumbre de la demanda y se necesita un conocimiento profundo de las necesidades y de los instrumentos a utilizar así como definiciones, tareas y prototipos a implementar. (Flores y Dominguez, 2020) definen al panel solar como un tipo de placa diseñada para utilizar energía solar. Su tarea es convertir la energía solar en electricidad. También se le llama módulo solar. Los tipos más comunes de estructuras de celdas fotovoltaicas son: Paneles fotovoltaicos monocristalinos, que están hechos de bloques cilíndricos o trozos de silicio (Navarro, 2015). Para optimizar su rendimiento y minimizar costos de producción de las células fotovoltaicas monocristalinas, se cortan en obleas los cuatro lados del bloque cilíndrico para brindar ese aspecto único. De entre las formas posibles de distinguir sin dificultad estos paneles solares monocristalinos de los paneles solares policristalinos es que estas células no tienen esquinas empuntadas, a lo contrario de las monocristalinos que son rectangulares en sus esquinas (Arencibia, 2016).



Torres et al., (2018) exponen en su estudio de eficiencia de paneles solares Fotovoltaicos Policristalino que a diferencia de los paneles monocristalinos, los paneles fotovoltaicos policristalinos no utilizan técnicas de dibujo en el proceso de fabricación. En este tipo de panel solar, el silicio en bruto se funde y se vierte en forma cuadrada. Luego se enfría y se corta en rebanadas perfectamente cuadradas. Se estima que los paneles que contienen estas celdas tienen índices de eficiencia de hasta el 16%, principalmente debido a su bajo contenido de silicio.

De la misma forma aporta (Díaz y Urrea, 2018) que los Paneles Solares Fotovoltaicos De Capa Fina se basan en la deposición de varias capas de material de células solares sobre un sustrato. Según el material utilizado, podemos encontrar paneles de película fina de silicio amorfo (a-Si), telurio de cadmio (CdTe), cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). tipo, la eficiencia de los módulos de película delgada es 7-13%. Debido a su alto potencial para uso doméstico, son cada vez más populares.

Las fuentes de energía renovables son fuentes de energía que provienen de la naturaleza que producen energía de manera continua e ilimitada. Por ejemplo, la energía solar, la energía eólica o la energía de las olas son fuentes de energía renovables. La energía solar es producida por la luz (fotovoltaica) o el calor del sol (energía solar térmica) y se utiliza para generar electricidad o calor. Infinita, eterna, renovada porque proviene del sol, lograda con la ayuda de la madera y el vidrio (Colino y Caro, 2018).

Aloma y Malaver (2007) destacan que es la energía térmica es energía liberada en forma de calor, que se puede producir de forma natural como el sol o mediante métodos exotérmicos como la combustión y las reacciones nucleares. Esta energía hace que los átomos en la molécula se muevan, vibren o se muevan.

Una central hidroeléctrica (CHANATAXI, 2019) es una central eléctrica que convierte la energía potencial del agua almacenada en un embalse en la energía cinética necesaria para accionar los rotores de un generador, que luego se convierte en electricidad. La principal característica del proyecto es la generación e incorporación de energías renovables no convencionales a través de proyectos de energía solar.



Para reducir las emisiones de CO₂, ayuda a reducir el impacto ambiental de la producción de electricidad. Como proyecto de energía renovable, contribuye a la sostenibilidad de la matriz energética primaria, posibilitando procesos más amigables con el medio ambiente en el país (Torres et al., 2018). Por lo tanto, los sistemas solares flotantes también pueden proporcionar recursos hídricos para grandes poblaciones de agua al evitar la evaporación del agua y actuar como una barrera entre la luz solar y el agua. Además, los cuerpos de agua están protegidos contra el desarrollo de organismos vegetales y animales que afectan la calidad del agua (Palomeque y Valdez, 2019).

En el caso de La central hidroeléctrica Manduriacu opera en modo normal y continuo desde enero de 2015, de acuerdo con los requerimientos del sistema eléctrico ecuatoriano, y fue inaugurada el 19 de marzo de 2015. El aporte neto de energía de la central al sistema de interconexión nacional es de 976,39 GWh. Desde su puesta en marcha en mayo de 2015, ha reducido las emisiones de CO₂ en unas 140.000 toneladas al año, ha sustituido las importaciones de energía, ha creado 2.450 puestos de trabajo directos durante la construcción (Ministerio de Recursos y Energía, 2022).

En el ámbito de estudio de la influencia de este proyecto se realizará mediante la introducción de medidas de mejora de ordenamiento vial, construcción, restauración de puentes y equipamiento de centros de salud en zonas rurales e implantación de sistemas de agua potable, tratamiento de aguas residuales, brindando servicios de energía eléctrica a, El Corazón, Chontal, Rio Verde, Cielo Verde, Guayabillas, Sta. Rosa de Pacto Rosa de Manduriacu, (CELEC E.P.).





Figura 2 Planta general de las Obras.

Fuente: (Ministerio de Recursos y Energía, 2022).

Las provincias de Pichincha e Imbabura cuentan con la mayor cantidad de energía solar en el área de la planta, lo que la convierte en un sistema integrado de energías renovables que aporta innovación y tecnología al sector energético.

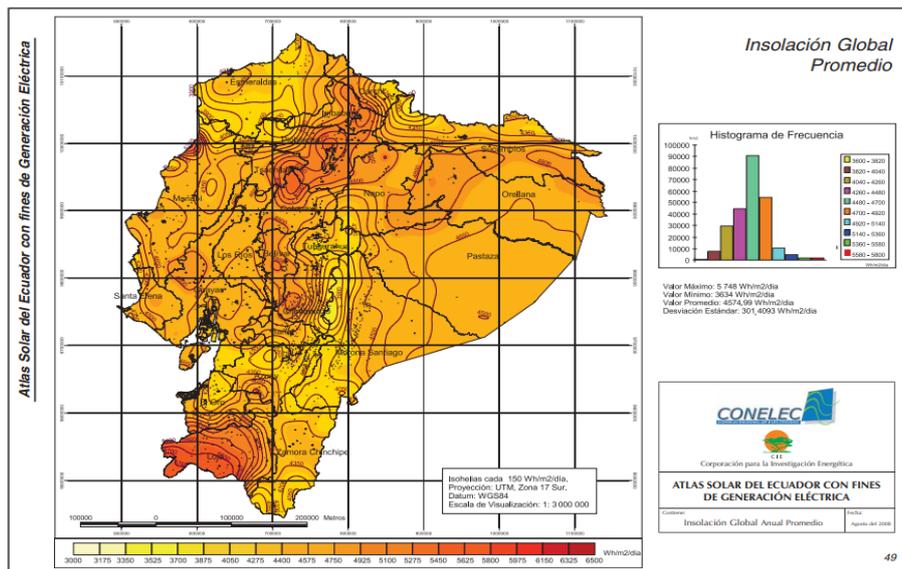


Figura 3 Insolación Global Promedio.

Fuentes: (CONELEC, 2008) Atlas Solar del Ecuador.

Los sistemas de energía solar fotovoltaica son una excelente opción, una ubicación favorable para la instalación propuesta, considerando que el espacio que ocupan los cuerpos de agua es ineficiente (Arencibia, 2016). Los paneles solares funcionan con

fotones, o partículas de luz, que golpean la superficie de un material semiconductor y hacen que colisionen con electrones para eliminarlos de los átomos. Cuando esto sucede, fluye una corriente continua (Colino y Caro, 2018). Cada panel solar se compone de muchas células pequeñas llamadas células fotovoltaicas. Los paneles fotoeléctricos pueden ser cristalinos o amorfos. Por otro lado, los cristalinos pueden ser monocristalinos (constan de partes de un solo cristal de silicio) o policristalinos (constan de varios pequeños granos cristalinos) (Arencibia, 2016).

La mayoría de los paneles convierten la energía del sol en corriente continua, también conocida como corriente continua, un tipo de electricidad definida como el movimiento de cargas eléctricas en una sola dirección en un circuito. Esta corriente se alimenta a un circuito convertidor que convierte esta corriente en corriente alterna (CA); es la energía necesaria para operar, controlar y operar.

Los sistemas flotantes son estructuras diseñadas para soportar paneles fotovoltaicos pero evitar que queden totalmente sumergidos. Además, el sistema proporciona la ubicación geográfica de la unidad de mantenimiento mediante anclas o amarres.





Figura 4 Antes y después de la implementación de proyecto.

Fuente: Elaboración Propia

A la hora de diseñar adecuadamente un sistema de flotación, se deben tener en cuenta las condiciones atmosféricas del área, las funciones asignadas a la estructura, la temperatura máxima, mínima, velocidad, condiciones y composición del agua y demás condiciones (Arencibia, 2016). Existen otros tipos de diseños estructurales dependiendo de sus necesidades y espacio. Aunque la geometría general de este tipo de proyectos suele ser cuadrada, no tiene por qué serlo. También es importante recalcar que independientemente del tamaño de la superficie disponible, una plataforma puede tener varias subdivisiones; la estructura se determinará mediante análisis de tensión, viento y flotabilidad realizados en un software de elementos finitos (Gomez, 2016).

Los materiales más habituales utilizados en las estructuras planteadas son el polietileno de alta consistencia o HDPE (polietileno de alta densidad), un marco de acero inoxidable para soportar módulos solares y para incrementar la flotabilidad se utilizaría espuma de poliuretano. Siendo de relevancia que estos materiales son reciclables. Al considerar la posibilidad de invertir en infraestructura eléctrica desde el sitio hasta la subestación, el incremento de los costos del proyecto se debería comúnmente a la distancia que se encuentren de la presa lo que se debe estudiar a profundidad (CHANATAXI, 2019).

(Arcadi, 2021) el desarrollo sostenible se ve beneficiado de los sistemas solares flotantes debido a que son adecuado para el bienestar medio ambiental, debido a que el



incremento de estos proyectos de implementación logran con éxito los objetivos tales como agua limpia, energía libre, saneamiento, minimizar la contaminación, incentivar la acción climática y alargar la vida en los ecosistemas terrestres; así mismo promueven el desarrollo económico, social y ambiental; integra la transformación empresarial en unidades económicamente sostenibles porque, a pesar de la gran inversión en los proyectos, son altamente rentables, crean empleos en el tiempo y son ecológicamente sostenibles y marcan la diferencia. Las unidades son socialmente sostenibles además esta central dotan o generan electricidad en regiones marginadas. Así como a nivel de país son responsables de iniciar o efectuar campañas para el desarrollo sostenible de las ciudades que necesitan o no cuentan con tales servicios (Arencibia, 2016).

La implementación aportará un amplio compromiso de ser medioambientalmente sostenible. (Torres et al., 2018) el uso de energías renovables proporcionadas por el sol, se evita el impacto sobre el suelo disponible, que se ve afectado principalmente durante la ejecución. infraestructura y se pueden crear ecosistemas híbridos de energía renovable, que se identifican mediante el uso de dos o más fuentes de energía en un sistema para explotar los recursos naturales del país. En cuanto al consumo de agua derivado de la implantación de estas instalaciones flotantes, se aprecia un importante ahorro de agua, ya que los paneles están en contacto directo con la radiación solar y evitan el proceso cíclico de evaporación del agua (Arencibia, 2016). En condiciones normales, (Colino y Caro, 2018) indican que logran ahorros y beneficios en cuanto a las materias primas utilizadas por las centrales hidroeléctricas para generar electricidad. En la actualidad los casos de contaminación y de problemas de calentamiento global, el país ha implementado regulaciones y leyes para protección y cuidado del sector ambiental y energético por ser un mercado y recurso potencial y necesario para el planeta. Entre las leyes y reglamentos se destaca exenciones en los impuestos para productos y equipos relacionados con el desarrollo sostenible de estas fuentes de energía, utilizadas como fuentes de apoyo económico para otros proyectos de energía limpia y que sirvan de ejemplo internacional para la regulación industrial (Ministerio de Recursos y Energía, 2022).



Por las razones anteriores y las investigaciones presentadas, se resalta que esta incorporación de Plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica Manduriacu, Ecuador es muy posible, gracias a otros proyectos que se desarrollan en otras zonas.

Conclusiones

El proyecto propuesto tiene como objetivo analizar si la incorporación de Plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica Manduriacu, Ecuador, permiten un incremento de energía generada para abastecer el mercado nacional. Asimismo, si este contribuye a reducir un impacto casi nulo sobre el suelo, ya que se cambiará toda la instalación fotovoltaica de una instalación de orilla (en tierra) a una instalación en el lago (flotante), lo que permitirá optimizar la presencia de espejos, la presencia de agua. Esto nos permitirá hablar de optimización energética, generando más energía por Además, la instalación de paneles solares flotantes reducirá hasta en un 80% el porcentaje de agua saludable que se evapora de las partes cubiertas.

Este es un buen indicador para la mitigación en áreas con escasez de agua y para plantas hidroeléctricas que tienen más agua disponible y pueden aumentar la producción de electricidad.

Finalmente, otra ventaja es la técnica de incrementar la potencia de salida de las células fotovoltaicas es el enfriamiento térmico. El agua presente en el ambiente proporcionará un traspaso de calor entre las celdas solares y el ambiente acuático, creando un efecto de enfriamiento que aumenta la eficacia de la producción energética, detonando como importante y necesario la incorporación de Plantas fotovoltaicas flotantes en el embalse de la hidroeléctrica Manduriacu, Ecuador.



Referencias bibliográficas:

- Alcántara, N. (2018). Universidad Politecnica de Cartagena.
<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/7600/tfm-alc-est.pdf?sequence=1>
- Alomá, E., y Malaver, M. (2007). Los conceptos de calor, trabajo, energía y teorema de Carnot en textos universitarios de termodinamica. Educere, 477-487.
- Arcadi, S. (2021). Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Industrial de Valencia.
https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/163136/%0281%029_Shkauron%020m
- Arencibia, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria.
<https://doi.org/https://www.redalyc.org/pdf/636/63647456002.pdf>
- Arias. (2021). Diseño y metodologia de la investigacion. Arequipa-Perú: Jose Arias.
<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num11/art107/art107.pdf>
- Baveresco, A. M. (2013). Proceso Metodologico de la Investigacion. En A. M. Baveresco, Proceso Metodologico de la Investigacion (pág. 26). Maracaibo: Imprenta Internacional.
- Blanco, A., y Coviello, M. (2015). Cepal.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39008/1/S1500950_es.pdf
- CHANATAXI, H. (2019). Centrales Hidroelectricas.
<https://observatorioelc.ister.edu.ec/wp-content/uploads/2021/04/Proyecto-observatorio-1.pdf>
- Colino, A., y Caro, R. (2018). Fuentes Energeticas. Dialnet.
- CONELEC. (2008). Conelec. <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- Diaz, L., y Urrea, Y. (2018). Viabilidad económica de la implementación de paneles fotovoltaicos como alternativa para la red de distribución eléctrica tradicional. Revista Dinámica Ambiental(2), 81-89.
- Finol, T., y Nava, H. (1992). Investigación documental preparación y presentación de trabajos escritos. Maracaibo. Estado Zulia. Venezuela: Universidad del Zulia.
- Flores, N., y Dominguez, M. (2020). Centro de Investigacion de Materiales Avanzados. "Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio." :
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/>



- Gomez, J. (2016). Instituto Politecnico Nacional.
https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/24583/TESIS_JOSE%20LUIS%20GOMEZ%20MAGALL%C3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez, C., y Baptista, P. (2014). Metodologia de la investigacion. Mexico: Mc Graw Hill.
- MINCYT. (2007). La energía, cambios y movimientos: cuadernos para el aula. - 1a ed. - . Buenos Aires:mincyt.
<https://doi.org/http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/ELoo2713.pdf>
- Ministerio de Recursos y Energia. (2019). Ministerio de Recursos y Energia.
<https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/09/4-Capi%CC%81tulo-4-Expansio%CC%81n-de-la-Generacio%CC%81n.pdf>
- Ministerio de Recursos y Energia. (2022). Ministerio de Recursos y Energia.
<https://www.recursosyenergia.gob.ec/central-hidroelectrica-manduriacu/>
- Navarro, S. (2015). Mh Education.
<https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf>
- Padilla, K., y Castillo, J. (2021). Universidad Nacionalñ Pedro Henriquez Ureña.
<https://repositorio.unphu.edu.do/bitstream/handle/123456789/4142/Propuesta%20de%20parque%20solar%20fotovoltaico>
- Palomeque, V., y Valdez, I. (2019). Dspace.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17404/1/UPS-CToo8315.pdf>
- Torres, S., Jurado, F., Granados, D., y Lozano, L. (2018). Eficiencia en paneles solares. Revista del Diseño Innovativo.
https://doi.org/https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf

Conflicto de intereses

Los autores declaran que este trabajo no presenta conflicto de intereses

