



Optimización de la red de iluminación del laboratorio de electricidad del Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego mediante la implementación de un sistema fotovoltaica OFF-GRID

Optimization of the lighting network of the electricity laboratory of the Mariano Samaniego Higher Technological Institute through the implementation of an OFF-GRID photovoltaic system

Otimização da rede de iluminação do laboratório de eletricidade do Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego através da implementação de um sistema fotovoltaico OFF-GRID

Byron Gustavo Montero Encarnación ^I
bg_montero@marianosamaniego.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-8830-9032>

Richard Miguel Ramos Tituana ^{II}
rm_ramos@marianosamaniego.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-8382-1476>

Darwin Paul Molina Jiménez ^{III}
dp_molina@marianosamiego.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-4095-8226>

Correspondencia: bg_montero@marianosamaniego.edu.ec

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 39 de diciembre de 2023 * **Aceptado:** 10 de enero de 2024 * **Publicado:** 20 de febrero de 2024

- I. Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, Cariamanga, Loja, Ecuador.
- II. Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, Cariamanga, Loja, Ecuador.
- III. Instituto Superior Tecnológico Mariano Samaniego, Cariamanga, Loja, Ecuador.

Resumen

Los sistemas fotovoltaico OFF – GRID, son sistemas innovadores que están compuestos por paneles solares, regulador de carga, un inversor y baterías solares de tipo autónomo, esto quiere decir que es una forma de generar energía aislada sin conectar a la red eléctrica. El objetivo general de esta tesis es: Diseñar e implementar un sistema fotovoltaico OFF-GRID para la iluminación del aula del laboratorio de electricidad del Instituto Superior Mariano Samaniego. La metodología que se empleo es de tipo cuantitativa y de diseño descriptivo, se realizó en fases: la primera es la búsqueda de información para describir las características de los materiales a utilizar, la segunda es el diseño en el consta la distribución de las iluminarias mediante el programa Dialux evo 10, la tercera es el cálculo de los materiales para la implementación y finalmente el proceso de pruebas para el funcionamiento optimo del sistema. Los resultados que se obtuvieron fue la generación de un sistema eficiente y optimo con seis iluminarias LED de marca Sylvania que están colocadas en el laboratorio del Instituto Superior Mariano Samaniego, funcionando con un sistema fotovoltaico que genera un voltaje de 34,71V con un consumo de energía diario de 1.98KWhdia.

Palabras clave: Fotovoltaico; Laboratorio; Paneles solares.

Abstract

OFF – GRID photovoltaic systems are innovative systems that are composed of solar panels, a charge regulator, an inverter and autonomous solar batteries, this means that it is a way of generating isolated energy without connecting to the electrical grid. The general objective of this thesis is: Design and implement an OFF-GRID photovoltaic system for lighting the classroom of the electricity laboratory of the Mariano Samaniego Higher Institute. The methodology used is quantitative and descriptive in design, it was carried out in phases: the first is the search for information to describe the characteristics of the materials to be used, the second is the design in which the distribution of the luminaires consists of the Dialux evo 10 program, the third is the calculation of the materials for the implementation and finally the testing process for the optimal functioning of the system. The results obtained were the generation of an efficient and optimal system with six Sylvania brand LED lights that are placed in the laboratory of the Mariano Samaniego Higher Institute, operating with a photovoltaic system that generates a voltage of 34.71V with a consumption of daily energy of 1.98KWhdia.

Keywords: Photovoltaic; Laboratory; Solar panels.

Resumo

Os sistemas fotovoltaicos OFF – GRID são sistemas inovadores que são compostos por painéis solares, um regulador de carga, um inversor e baterias solares autónomas, isto significa que é uma forma de gerar energia isolada sem ligação à rede eléctrica. O objetivo geral desta tese é: Projetar e implementar um sistema fotovoltaico OFF-GRID para iluminação da sala de aula do laboratório de eletricidade do Instituto Superior Mariano Samaniego. A metodologia utilizada é quantitativa e descritiva no projeto, foi realizada em fases: a primeira é a busca de informações para descrever as características dos materiais a serem utilizados, a segunda é o projeto em que a distribuição das luminárias consiste no Programa Dialux evo 10, o terceiro é o cálculo dos materiais para a implementação e por último o processo de testes para o funcionamento ideal do sistema. Os resultados obtidos foram a geração de um sistema eficiente e ótimo com seis luminárias LED da marca Silvania que estão colocadas no laboratório do Instituto Superior Mariano Samaniego, operando com um sistema fotovoltaico que gera uma tensão de 34,71V com um consumo de energia diário de 1,98KWhdia.

Palavras-chave: Fotovoltaico; Laboratório; Painéis solares.

Introducción

En la actualidad, las fuentes de energías renovables se las considera un potencial que contribuye al desarrollo energético sostenible del país, al brindarle una amplia variedad de beneficios ambientales, económicos y sociales. Una de las más utilizadas es la fotovoltaica, misma que está constituida por un conjunto de elementos que almacenan energía solar y convierten en electricidad, esto quiere decir que se transforma en corriente alterna por el uso de un inversor, para el uso en la industria y hogares. (González Velasco, 2009).

La energía solar fotovoltaica representa una alternativa sostenible para la generación de electricidad en diversos contextos. Su implementación en ambientes educativos como laboratorios permite el aprovechamiento directo de esta fuente renovable, así como la formación práctica de los estudiantes. El presente estudio tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema fotovoltaico off-grid para la iluminación de un laboratorio de electricidad en una institución de educación superior.

La metodología aplicada se basa en un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo. Inicialmente se realiza una caracterización de la demanda energética del laboratorio y de los niveles de radiación

solar en la localidad. Con esta información se dimensiona un sistema compuesto por paneles solares, baterías, inversor y luminarias LED, utilizando software especializado. Posteriormente se lleva a cabo la implementación física y se evalúa el desempeño mediante pruebas de funcionamiento.

Los resultados esperados corresponden al diseño óptimo y la operación efectiva de un sistema fotovoltaico off-grid que aproveche la radiación solar disponible para proporcionar iluminación al laboratorio. Esto permitiría demostrar la viabilidad de este tipo de soluciones para ambientes educativos, así como formar en la práctica a estudiantes de ingeniería eléctrica/electrónica.

El presente estudio aporta al conocimiento en sistemas fotovoltaicos aplicados a la educación. Los hallazgos en cuanto al dimensionamiento, implementación física y evaluación del desempeño pueden ser referencia para trabajos similares en otras instituciones. Además, permite visibilizar alternativas energéticas sostenibles y formar capital humano capacitado en estas tecnologías.

MARCO TEÓRICO

Tipos de energías renovables

Energía solar térmica

La energía solar térmica es la transformación de la energía solar en energía térmica, es considerada como una energía renovable que cuida el medio ambiente. Este tipo de energía se utiliza en viviendas, instalaciones pequeñas, laboratorios, instituciones, entre otras. Su funcionamiento consiste en generar calor mediante espejos, de manera que los rayos del sol se almacenan en un receptor, alcanzan hasta los 1000°C.

El calor se utiliza para calentar un fluido que genera vapor y mueve una turbina lo que produce electricidad. Los colectores solares térmicos usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, transferirlo a un fluido y conducirlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones o también para la producción de energía solar termoeléctrica. Se tiene tres tipos de energía solar térmica: baja, media y alta temperatura. (FOCER, 2002).

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable, por tanto inagotable, limpia y se puede aprovechar en el mismo lugar en que se produce (auto gestionada). La sostenibilidad energética, en un futuro vendrá dada por el uso de las energías renovables” (Méndez Muñiz, Cuervo García, & ECA, 2008, pág. 15).

El funcionamiento de cada célula fotovoltaica se puede resumir básicamente en la absorción de una partícula de luz (el fotón) por la estructura. Dicho fotón, al entrar en contacto con la capa P, libera un electrón, que será transportado hacia el circuito para dar vida a la energía eléctrica. Cada célula está conectada a las demás células del módulo a través de tiras metálicas que forman los circuitos necesarios en serie y en paralelo. (Pep Puig, 2007). Una célula fotovoltaica sólo puede generar electricidad cuando se cumplen tres condiciones:

Se ha de poder modificar el número de cargas positivas y negativas.

- Se han de poder crear cargas que permitan la aparición de una corriente.
- Es preciso que se establezca una diferencia de potencial o campo eléctrico (Pep Puig, 2007).

Energía eólica

Al finalizar 2004 la potencia eólica instalada en el conjunto del planeta se situaba aproximadamente en 47.200 MW. Esto suponía un récord de crecimiento anual, con 7.700 MW nuevos instalados durante el año 2004. Pero, sobre todo, confirmaba un cambio significativo en el desarrollo de esta industria: la globalización de la energía eólica. Si bien la Unión Europea (UE) representa aún el 72% de toda la potencia instalada en el mundo, lo cierto es que el aprovechamiento energético del viento ha dejado de ser cuestión de un único continente.

Solo unos datos: mientras que en 2003 fueron diez los países que construyeron parques eólicos por encima de los 100 MW, en 2004 esta lista aumentaba a 19, de los cuales 9 eran no europeos. Del mismo modo, el continente asiático poseía ya el 10% de la potencia eólica instalada.

En lo que respecta al ranking mundial, los cinco países del mundo con más potencia eólica acumulada a finales de 2004 volvían a ser: Alemania (16.630 MW), España (8.155), EE. UU. (6.750), Dinamarca (3.120) e India (3.000).

España no sólo escalaba a la segunda posición superando a EE. UU. en potencia acumulada, sino que también fue el segundo país del mundo que más megavatios eólicos nuevos instaló (1.920) durante el año 2004, muy cerca de Alemania (2.020), líder indiscutible del actual desarrollo eólico mundial (Álvarez, 2006).

Energía hidroeléctrica

El aumento de la demanda energética mundial, como consecuencia del crecimiento económico global, implica necesariamente un incremento en la capacidad generadora de los Estados. Diversas tecnologías han suplido las necesidades energéticas durante la historia: en la Antigüedad la madera, más tarde el carbón y en nuestros tiempos, el petróleo y sus derivados.

Sin embargo, todos estos recursos se han mostrado insuficientes para afrontar las épocas futuras, donde las demandas tienden a crecer y los recursos a escasear. En nuestros días ocurre lo mismo. Sabemos con certeza que la época del petróleo está próxima a su fin. Por ello los esfuerzos de investigación se centran en otras tecnologías. Además, hay que sumar los problemas medioambientales que las energías «fósiles» han ido provocando, acentuándose sobremanera en las últimas décadas, lo que ha llevado a los Estados a plantearse por primera vez seriamente los costes ecológicos y a ponerse de acuerdo en un primer tratado sobre contaminación, el protocolo de Kioto, en 1997 y tras varias cumbres fallidas, en 2015 el histórico acuerdo de la cumbre del clima COP21 de París, donde se logró por primera vez un verdadero acuerdo para limitar el aumento de la temperatura de nuestro planeta.

Una de las soluciones buscadas han sido las energías atómicas de fisión y fusión, mismas que, aunque se pueden considerar inagotables, son altamente contaminantes (sobre todo en sus residuos), muy caras (no al alcance de todos los países) y muy concentradas (creando polos de energía o puntos vitales de funcionamiento muy sensibles a su seguridad y estabilidad de la red).

Energía geotérmica

La geotermia, se ha convertido en una fuente clave de producción de energía eléctrica, gracias a sus costos competitivos y confiabilidad técnica además de su capacidad de ofrecer potencia firme con altos factores de carga. No solo se trata de una tecnología limpia, renovable y de bajo impacto ambiental, sino también de una alternativa viable que favorece la diversificación de la matriz energética, con una producción de energía constante e independiente de las fluctuaciones de los costos de los combustibles y de las variaciones meteorológica (BID, 2014). Un sistema geotérmico, está constituido por tres elementos principales: una fuente de calor, un reservorio y un fluido, el cual es el medio que transfiere el calor. La fuente de calor puede ser tanto una intrusión magmática a muy alta temperatura ($> 600^{\circ}\text{C}$), emplazada a profundidades relativamente pequeñas (5-10 km) o en sistemas de baja temperatura (Gómez, 2019).

Energía de la biomasa

La biomasa es una de las fuentes energéticas renovables con mayor potencial de crecimiento durante las próximas décadas. En todo el mundo, la aportación actual de la biomasa (utilizando una definición amplia que incluye todas las fuentes de bioenergía y también los usos tradicionales no eficientes) se sitúa en torno al 10% del total de producción de energía. De acuerdo con previsiones establecidas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

La biomasa desempeña un papel fundamental en el abastecimiento energético, con recursos renovables y su cuota de participación en la producción mundial de energía debería estar entre el 25% y el 46% (Cerdá Tena, 2011, pág. 7).

La definición de biomasa que se utiliza en las directivas de la UE es la siguiente: “Biomasa es la fracción biodegradable de productos, deshechos y residuos de la agricultura (incluyendo substancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales”.

Esta definición tiene un carácter muy amplio, ya que dentro de ella se engloba una diversidad de fuentes energéticas que comparten determinadas características, pero que difieren entre sí en cuanto a las tecnologías para su obtención y aplicación para la producción energética (Cerdá Tena, 2011, pág. 13).

El módulo fotovoltaico (MFV)

Las corrientes y voltajes resultantes son demasiado pequeños para aplicaciones prácticas, por lo que se deben fabricar nuevas estructuras basadas en celdas de conmutación mínimas, para proporcionar aplicaciones alternativas. Combinar celdas solares conectadas de alguna manera, es necesario para aumentar el voltaje y la corriente producida. Esta combinación dará como resultado una nueva estructura llamada módulo de celda solar, en lo sucesivo denominado simplemente módulo.

La celda solar es un generador que se comporta tanto como fuente de corriente y fuente de voltaje, siendo la electricidad generada del tipo directo. Por las Leyes Kirchhoff para circuitos eléctricos se sabe que, si fuentes de fuerza electromotriz idénticas son conectadas en serie, o en paralelo, se tendrá:

Las conexiones en serie entre las fuentes de potencia de un motor eléctrico aumentan el voltaje de salida, su magnitud es igual a la suma de los voltajes de cada fuente, lo que mantiene constante la corriente. Una conexión de tipo paralelo, entre fuentes de la fuerza electromotriz aumenta la corriente de salida igual a la suma de las corrientes de cada fuente, manteniendo constante el voltaje.

El requisito de identidad para las celdas solares es una característica que en los procesos de fabricación masiva no es sencillo lograr; por lo que los fabricantes, al realizar la construcción de su MFV, deben tener mucho control en la elección de cada uno de los elementos que participarán en la formación de esa nueva estructura.

Cuando celdas no idénticas se conectan para formar un MFV, se generan importantes problemas que están asociados a desbalances eléctricos y térmicos generados por la falta de acoplamiento entre ellas. Sin embargo, aunque se haya garantizado que las celdas individuales tengan idénticas características eléctricas, siempre existirá la probabilidad de que alguna de ellas quede sombreada parcialmente, implicando inmediatamente que aparecerá un desbalance eléctrico y térmico.

El efecto principal de estos problemas se manifiesta en el hecho de que un MFV o varios de ellos trabajarán como receptores de potencia y consumirán, en lugar de producir, parte de la potencia generada por los otros módulos en el arreglo. Como consecuencia se calentarán, existiendo la posibilidad de que se formen los llamados “puntos calientes” que dañan irreversiblemente a la celda en donde se produce, y, en consecuencia, al módulo fotovoltaico (Sánchez Juárez, Martínez Escobar, Santos Magdaleno, Ortega Cruz, & Sánchez Pérez, 2017).

Tipos de módulos fotovoltaicos

Sin entrar en detalles sobre cómo se genera la electricidad en los paneles (efecto fotoeléctrico), actualmente encontramos en el mercado solar paneles de diversas tecnologías. Como todos sabemos, el silicio sigue siendo el elemento fotosensible más importante en la tecnología de paneles actual debido a su capacidad para producir más electricidad que otros componentes.

Actualmente se están utilizando nuevas tecnologías en la producción de celdas fotovoltaicas para aumentar la eficiencia y reducir los costos. Los paneles solares consisten en varios conjuntos de células fotovoltaicas, estas celdas (con diferentes tecnologías según el tipo de panel) se conectan en serie para conseguir la tensión de salida del valor deseado (12V, 36V, etc.) y a su vez en paralelo en varios ramales para aumentar la corriente. En cuanto a las propias células, solo hay un cambio importante.

En la década de 1990, las celdas de polisilicio se hicieron cada vez más populares. Estas celdas son menos eficientes que las celdas de silicio monocristalino, pero se cultivan en celdas grandes que reducen significativamente los costos de producción. Los paneles de la década de 1990 y principios de la de 2000 generalmente tenían celdas de 5 pulgadas (125 mm), y desde 2008 casi todos los paneles nuevos han usado celdas de 6 pulgadas (150 mm).

Acumulador solar

Las baterías almacenan electricidad de corriente continua en forma química. Su función es almacenar la energía producida durante el día para utilizarla por la noche o con mal tiempo

(nublado, lluvioso). También tienen la capacidad de proporcionar más corriente, por ejemplo, al encender un televisor.

Las baterías de los sistemas fotovoltaicos más comunes son las baterías de plomo-ácido de ciclo profundo. Pueden ser líquidas con ventilación (recipientes abiertos) y selladas. Una batería de celda abierta es muy similar a una batería de automóvil, la principal diferencia es que las baterías de sistema fotovoltaico están diseñadas para operar en un "ciclo profundo", es decir descargan una pequeña cantidad de corriente durante mucho tiempo; mientras que las baterías de los automóviles están diseñadas para liberar una gran cantidad de corriente en un corto período de tiempo para arrancar el motor y luego el alternador las recarga inmediatamente. Por lo tanto, las baterías de automóviles generalmente no se recomiendan para cargas residenciales y sistemas de energía renovable.

Una batería de ciclo profundo se descarga al 80% y dura hasta 10 años con el mantenimiento adecuado. Las baterías están hechas de placas positivas y negativas de plomo y aleación de plomo sumergidas en una solución electrolítica de ácido sulfúrico y agua.

Cuando la batería está casi completamente cargada, se produce y libera gas hidrógeno. La humedad se pierde al ventilar la salida de la batería, por lo que debe reponerse periódicamente. Las baterías de ciclo profundo durarán más si se evita la descarga profunda y se realiza un mantenimiento regular para reponer el agua acidificada.

Controlador solar

La tensión nominal del módulo fotovoltaico es superior a la tensión nominal de la batería utilizada en la instalación. Esto es por dos razones: La clasificación de voltaje del panel debe ser más alta para minimizar las caídas debido al aumento de la temperatura. El voltaje sin carga del panel solar siempre debe ser mayor que el voltaje máximo, durante la carga normal. Porque para alcanzar un estado completo de carga en una batería de 12 V nominales, necesitamos un voltaje mínimo de 14 V (2,34 V por celda). Por tanto, la tarea del regulador va encaminada a evitar que la batería se dañe en algún momento por una sobrecarga excesiva del panel, acortando así su vida útil.

En definitiva, el regulador de carga es un equipo capaz de evitar la sobrecarga del acumulador a la vez que limita la tensión de la batería a unos valores adecuados para el mantenimiento, en estado de flotación. Este ejercicio es muy importante porque usamos energía estacional cambiante. Por ejemplo, supongamos que cada día del año tiene un consumo fijo. Si calculamos el número de módulos solares necesarios, lógicamente deberíamos confiar en la radiación invernal para

asegurarnos de que el sistema funcionará correctamente durante las peores temporadas. Sin embargo, esto da motivos para pensar que cuando llegue el verano, los valores de radiación se pueden duplicar para producir el doble de lo calculado en invierno, y viceversa, el consumo será el mismo. Así, el circuito de control del regulador de carga, sabe cuándo éste debe empezar a actuar limitando la corriente proporcionada por el grupo fotovoltaico (Gobierno De Canarias (Consejería De Industria, Comercio Y Nuevas Tecnologías), 2004).

Inversor

El sistema inversor es el encargado de convertir la corriente continua del generador fotovoltaico en corriente alterna. El funcionamiento del inversor será automático. Una vez que los módulos solares han producido suficiente energía, la electrónica de potencia implementada en los equipos inversores se encarga de monitorear el voltaje, la frecuencia de la red y la producción de energía. Cuando esto sea suficiente, el dispositivo comenzará a ingresar a la red.

El funcionamiento del inversor es extraer la máxima potencia posible de los módulos solares respetando el punto de máxima potencia. Cuando la radiación solar que incide sobre los paneles no es suficiente para suministrar corriente a la red, el inversor dejará de funcionar.

Dado que la energía consumida por la electrónica del inversor proviene de los paneles, este último, consume solo una fracción de la energía de la red de distribución durante la noche, reduciendo así las pérdidas. El inversor adoptado permite un rango muy amplio de tensión de entrada desde el campo fotovoltaico, lo que permite una gran flexibilidad de configuración y posibilidades de ampliación en el futuro (Cuerva Valdivia, 2018).

Cableado

Una vez que el proyecto de instalación esté completo, se calcula las longitudes de los cables conductores para cada sección. Esta parte puede ser muy difícil para los instaladores o diseñadores, por lo que explicaremos los pasos en detalle. Para calcular las diferentes secciones de cable de una instalación solar fotovoltaica, debemos tener en cuenta 2 condiciones exigidas por el Reglamento Eléctrico de Baja Tensión (REBT). No superar la máxima caída de tensión permitida entre 2 puntos de una instalación.

No exceda la resistencia máxima permitida especificada por la normativa, la resistencia máxima que puede soportar un tramo de cable debe ser superior a la resistencia máxima que puede circular según el reglamento del REBT, que publica tablas de resistencia máxima admisible de los cables.

Según (Rodriguez, S.F) los cables dependen del tipo utilizado, la instalación y el tipo de aislamiento para que los cables no se sobrecalienten durante el uso. Esto a menudo se llama el estado térmico.

Materiales y métodos

-DIALUX EVO 9.1. Es un software de cálculo lumínico que permite diseñar, calcular iluminarias en diferentes espacios internos y externos (Rahmah ,2022). Este programa permite obtener los cálculos luminotécnicos del laboratorio de electricidad cumpliendo con los parámetros establecidos en las normas NEC2011-CAP.13 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR.

Se considera como un programa 3D cuyo objetivo es visualizar resultados próximos a la realidad de los efectos de la iluminación. Tiene varias librerías y herramientas que permite planificar la disposición de la luz, como ventaja es la optimización del flujo de trabajo en grandes proyectos gracias a la función Layout, que sincronizan programas de ofimática y sistematización en la presentación de propuestas permitiendo generar presupuestos a clientes según (Pujiyanti, Hidayatullah, & Chairiyah, 2022).

-Iluminación en laboratorios. Se define como laboratorio a un lugar que está constituido con varios equipos necesarios para desarrollar experimentos, investigaciones, prácticas o trabajos de científicos o técnicos. Son espacios que deben cumplir ciertos requisitos para que su lugar de trabajo sea optimo y no permitan agentes externos que puedan modificar las mediciones. Las condiciones que debe tener un laboratorio son: iluminación, presión atmosférica, humedad entre otras. Hay que tener en cuenta la iluminación horizontal y semicilíndrica. La mayoría de las instituciones adoptan luminosidad LED, que están dentro de los parámetros según los organismos reguladores.

-Normativa de iluminación para centros educativos.

EDIFICIOS EDUCATIVOS				
Tipo de interior o actividad	\bar{E}_m lux	CUDI	R_a	Observaciones
Local de juegos (escuela)	300	19	80	
Aula, salón de profesores	300	19	80	
Aulas para clases nocturnas, salas de lectura, pizarrones	500	19	80	La iluminación debe ser controlable (regulable), evitar reflexiones
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Locales de artes (en escuelas de arte), salas de dibujo técnico	750	16	90	$T_{cp} > 5000 K$

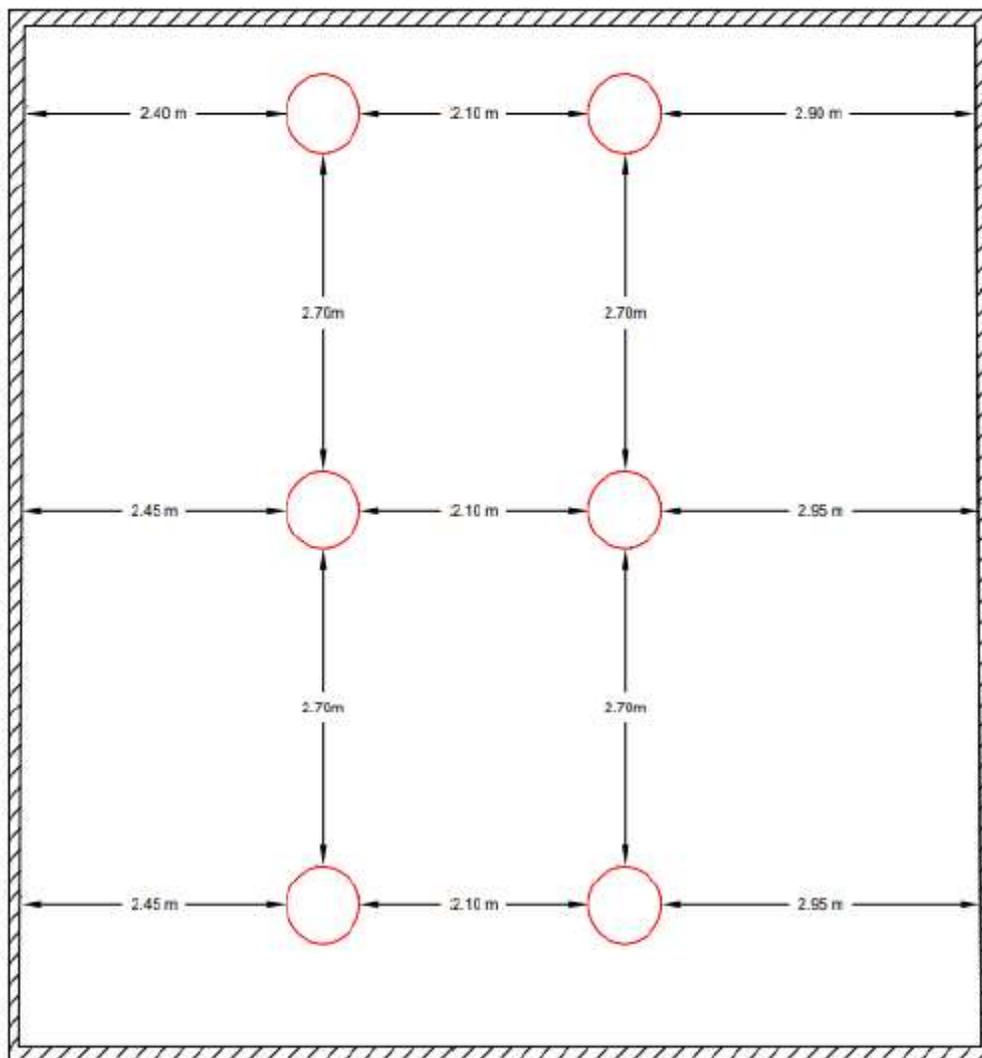
Nota. Adaptado de los parámetros de iluminación.

(Normativa Ecuatoriana de la Construcción, 2011, pág. 43).

Según la normativa vigente para la iluminación de los laboratorios, estos deben asegurar a los alumnos y al personal docente un ambiente agradable que permita un aprendizaje donde elimine el esfuerzo visual y reduzca el cansancio. (Normativa Ecuatoriana De La Construcción, 2011, pág. 43).

-Diseño de la iluminación en el programa DIALUX. Se establece la distribución de las iluminarias en el software DIALUX, donde se estructuró un esquema con seis iluminarias formando una matriz de dos columnas por cuatro filas, la distancia comprendida es en base a la normativa.

Distribución de las luminarias del laboratorio



En figura se observa el plano de la situación general de las luminarias, donde se refleja la ubicación, el tipo, la disposición en campo, distancias “X” -” Y”- h, de cada una.

Resumen y materiales del diseño de las luminarias del laboratorio

Tipo	Disposición en campo	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
Tera Luminaria (X/Y/Z)	2,552 m / 1,125 m / 3,559 m	2,552 m	1,125 m	3,559 m	1
		5,260 m	1,125 m	3,559 m	2
Dirección X	2 Lini, Centro-centro, Distancias desiguales	2,552 m	3,575 m	3,559 m	3
		5,260 m	3,575 m	3,559 m	4
Dirección Y	4 Lini, Centro-centro, Distancias desiguales	2,552 m	6,025 m	3,559 m	5
		5,260 m	6,025 m	3,559 m	6
Organización	A1	2,552 m	8,475 m	3,559 m	7
		5,260 m	8,475 m	3,559 m	8

Resumen de valores del diseño de las luminarias del laboratorio

Resultados					
	Tamaño	Calculado	Nominal	Verificación	Índice
Plano útil	Esperdida	311 lx	≥ 300 lx	✓	WP1
	g _r	0,001	-	-	WP1
Valores de consumo	Consumo	[430 - 530] kWh/a	máx. 2600 kWh/a	✓	
Local	Potencia específica de conexión	5,48 W/m ²	-	-	
		1,76 W/m ² /300 lx	-	-	

Perfil de uso: INSTITUCIONES DE FORMACIÓN - Centros de formación, Aulas, salas de seminarios.

La potencia en un sistema es de suma importancia para determinar el funcionamiento correcto de cada dispositivo, en la siguiente figura 24 se encuentra los datos tales como: el número de iluminarias, en este caso son 6, la potencia individual, rendimiento lumínico y el flujo luminoso. Estos datos fueron calculados con el programa DIALUX.

Datos técnicos de las luminarias del laboratorio.

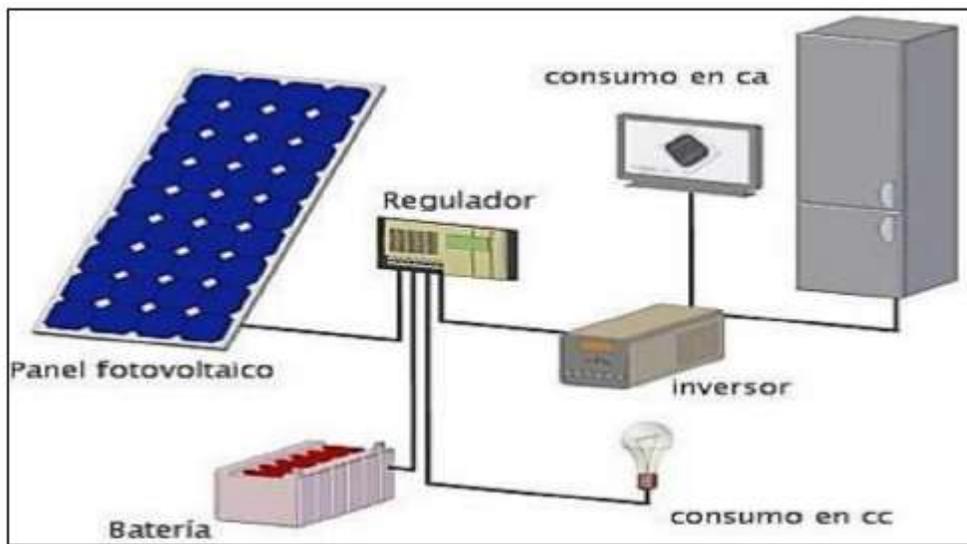
DATOS ÓPTICOS		DATOS FÍSICOS		DATOS ELÉCTRICOS	
Temperatura de color	6500K (DL)	Acabado	Blanco	Potencia de entrada	50W
Flujo luminoso	4000 lm	Proteccion IP	IP20	Tensión de operación	100-240V 50/60Hz
Ángulo de apertura	180°	Dimensiones (Φ x H)	Φ140*235 mm	Corriente de entrada	0.33A @120V
Tipo de distribución	Directa simétrica	Tipo De montaje	E27	Factor de potencia	0.5
Reproducción de color (IRC)	≥80	Chasis	Aluminio/Plástico	Tipo de driver	Integrado
Vida útil	20000h L70	Optica	Difusor Opalizado	Atenuable	NO
Eficacia	80 lm/W	Condicion óptima de operación	25°C	Ciclos de encendido/apagado	40.000 ciclos
		Temperatura de operación Ta	-20°C ~ +40°C		

Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es un conjunto de elementos que se requieren para generar la distribución energética. Estos son los siguientes:

- Paneles solares
- Baterías de gel de descarga profunda
- Inversor de energía de CC a CA, controlador solar
- Cable eléctrico.

Diagrama de instalación



Ángulo de inclinación para los paneles solares

Es necesario que el panel solar este en dirección donde capture la mayor cantidad de luz solar porque al encontrar el ángulo correcto se tiene un sistema eficiente de suministro de energía.

Para el cálculo del ángulo, es importante el hemisferio donde se aplicará el sistema, por ejemplo: Si es en el hemisferio norte, la dirección de los paneles es hacia el sur. Y si es en el sur los paneles están en dirección al norte.

Recuerde que los paneles solares fijos son menos eficientes durante el verano, la primavera y el otoño cuando el sol se mueve por una gran franja del cielo. Los sistemas de paneles que "siguen" la posición del sol son más eficientes, pero también más caros.

Por supuesto, el ángulo correcto del panel solar es ideal para la ubicación, pero en el mundo real se tiene árboles y edificios que pueden generar sombra al panel solar, o lugares con muchas hojas,

polvo o suciedad, por tal motivo es posible que deba ajustar el ángulo ligeramente para compensar las condiciones menos que ideales. (Chan Samaniego, 2018).

Hay que considerar que para el cálculo de la inclinación del panel solar se agrega 15 grados en la latitud y si es verano se resta 15 grados. Por ejemplo: se tiene una latitud de 40 grados, el ángulo que desea inclinar sus paneles en el invierno es: $40 + 15 = 55$ grados. En el verano, sería: $40 - 15 = 25$ grados.

Condiciones climáticas favorables

En base a (Muñoz, et al., 2012) Los cambios constantes en el clima, son un factor que afecta la eficiencia de un sistema fotovoltaico. Depende de las condiciones climáticas que se aproveche al máximo las propiedades de la radiación solar. Es imprescindible considerar los aspectos climáticos de la zona en la que vive, de esto dependerá la elección adecuada de paneles solares para evitar afectar el rendimiento del sistema solar.

Cálculos del sistema fotovoltaico

Para el diseño fotovoltaico autónomo, se debe conocer las características del sistema, teniendo en cuenta las actividades desarrolladas tales como: el perfil de las cargas eléctricas, consumo de energía eléctrica y la radiación óptima en el lugar. A continuación, se detalla los elementos que se tendrán en cuenta para los cálculos.

En base a (González Tristancho, 2016) el controlador de carga debe ser de marca reconocida con la capacidad de corriente eléctrica de tal manera que pueda soportar la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico y la potencia suficiente para que no se produzcan sobrecargas.

Banco de batería: Se considerará baterías de marca reconocida por ejemplo RITAR, ROLLS y la capacidad se seleccionará en función de la energía de la carga y los días de autonomía.

El inversor: Con la finalidad de transformar la corriente eléctrica en CD a AC y poder suministrarle a la carga los 220 V y a una frecuencia de 60 Hz.

Regulador es un dispositivo instalado en los circuitos electrónicos de los automóviles con el fin de mantener una tensión constante determinada que es suministrada por el generador y regular la intensidad de la corriente según la carga de la batería según (González Tristancho, 2016).

Cargas existentes en el laboratorio de electricidad

Cuando se realiza una instalación de energía solar autónoma fotovoltaica (OFF GRID), es muy conveniente obtener un correcto dimensionamiento del sistema, para así satisfacer las necesidades de las cargas existentes y que los costos de adquisición, como su montaje no sean mayores al

requerido. También se considera algunas variables cuando pasa por el regulador inversor porque hay alguna pérdida.

Para el cálculo se tiene en cuenta tres elementos tales como:

- Factor de seguridad: Es regularmente el 10% por lo general, son variables que no se puede controlar por ejemplo factores externos que se pueden generar.
- Energía generada: 60% es la energía que se necesita para hacer funcionar todos los dispositivos que se encuentran en el laboratorio.
- Energía extra: Son aquellos cuando existe poco sol.

El área del laboratorio de electricidad actualmente cuenta con 6 focos led, su ficha técnica detalla en el anexo 2, por lo que el consumo energético se representa en la siguiente tabla 1:

Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS

Luminarias	Tipo	Marca	Horas por día	Potencia unitaria (KW)
6	Led	Sylvania	6	0.05

Nota. Esta tabla se observa la cantidad de energía requerida (potencia) y horas de utilización de las luminarias existentes.

Fuente: los Autores

El consumo energético que se necesita para determinar los equipos a utilizar depende del consumo de energía diario el cual se calcula por:

$$PT = Pu * Hc * Nl \quad PT = 0.05 \text{ KW} * 6h * 6 = 1.8 \text{ KWh dia}$$

Ec.1

Donde:

Pu : potencia unitaria de cada lámpara

Hc : horas de consumo o utilización

Nl : número de luminarias

Se recomienda un 10 % más de energía necesaria para evitar trabajar al límite.

Por lo tanto, se tiene:

El área del laboratorio de electricidad actualmente cuenta con 6 focos led, su ficha técnica detalla en el anexo 1 y su característica general se detalla en la siguiente tabla 2: $PT=1.5KWhdia*10\%=1.98KWhdia$

Potencia total por las seis de las iluminarias del laboratorio es de:

Potencia total = 1.98 KWh/día

El resumen del consumo energético diario de las luminarias a utilizar en el laboratorio de electricidad del ISTMS se representa en la tabla 2.

Consumo de cargas del laboratorio de electricidad del ISTMS

Luminarias	Tipo	Marca	Horas por día	Potencia unitaria (KW)	Potencia total (KWh/día)	Tota de energía + 10% KWh/día
6	Led	Sylvania	6	0.05	1.8	1.98

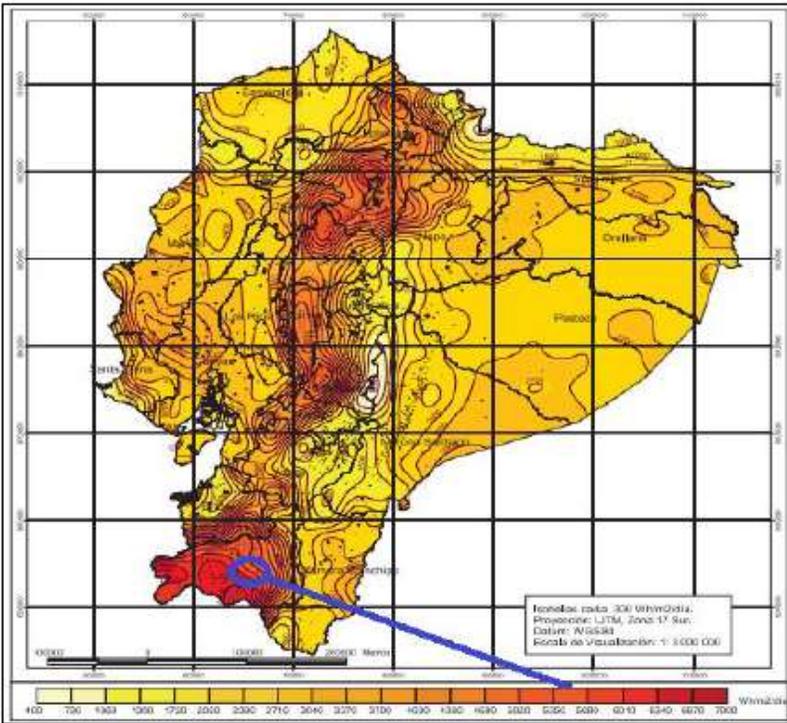
Nota. Esta tabla se observa las horas de utilización de las luminarias en el laboratorio y se recomienda un 5% más de energía, para evitar funcionar al límite.

Fuente: los Autores

Cálculo de los paneles solares necesarios

Para el cálculo de los paneles solares fue necesario el parámetro de la radiación del lugar donde fueron instalados, por lo cual este dato se buscó en el INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) según (MIDUVI, 2020) se obtiene una radiación promedio anual de aproximadamente de 5.10 a 5.6 KWh/m².

Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica



Además, para verificar la información de la radiación solar en la ciudad de Cariamanga se consultó en la página PVWatts en la cual por medio de la latitud y la longitud del lugar se obtiene los siguientes datos Cariamanga: Latitud -4,31, longitud -79,54.

La potencia generada por los paneles fotovoltaicos depende de factores externos principalmente de la radiación solar en el lugar de instalación, de pérdidas ocasionadas por los diversos factores como el inversor, las baterías y las conexiones las cuales ya se tuvieron en cuenta en la energía a suministrar por ello se utiliza un factor del 60 %.

Para el cálculo de la potencia generada utilizamos la siguiente ecuación:

$$PG = \text{Consumo medio energetico diario} \cdot HPS \cdot PR$$

Ec.2

Donde:

HPS: horas de sol pico promedio anual = 5.14

PR: factor global de mantenimiento = 0.6

Por lo tanto, se tiene: $PG = 1.98 \text{ KWh} \cdot 5.14 \cdot 0.6 = 0.642 \text{ KWh}$

El número de paneles necesarios se determina con la siguiente ecuación:

$$NP = PG / PMP$$

Ec.3

Donde:

PMP: Potencia pico de un módulo en condiciones estándar = 405 W

Por lo tanto, se tiene: $NP = 642 \text{ W} / 405 \text{ W} = 1.585 \approx 2$

La potencia requerida por los módulos es de 642 W, por lo tanto, se requiere 2 paneles solares monocristalino de 405 W, se considera este sobredimensionamiento para evitar fallos en el sistema, si se llegara a utilizar más horas de trabajo.

Componentes para utilizar

Se refleja el mejor modelo para la implementación del sistema de generación de energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas. Para la selección de alternativas tomó en cuenta los siguientes factores: económico, tipo de panel, vida útil, área requerida y facilidad de instalación.

- Factor económico: Valor que posee el equipo y se compara con el presupuesto para comprobar si es factible adquirirlo.
- Factor tipo de panel: Se toma en cuenta el tipo de panel que está construido, si es monocristalino, policristalino y amorfo.
- Factor vida útil: La durabilidad o los años de garantía que posee el equipo.
- Área requerida: Es el espacio que va a ocupar el equipo o sistema.
- Facilidad de instalación: Si es posible instalar el modelo o equipo de una manera fácil o difícil.

Resultados

Se tiene dos paneles de dimensiones 1722x1134x30 mm, ubicados en el techo del taller, teniendo en cuenta la orientación y el grado de inclinación, recordando si es época de invierno debe estar a 18° grados con la latitud del techo y en verano el ángulo es igual a la latitud del lugar menos 18° grados. Por lo tanto, para invierno esta con una posición de 22° grados y en verano 16° grados. Para la orientación se instaló los módulos al sur geográfico para ello se utilizó una brújula.

Para la instalación del inversor, batería y regulador se construyó una caja metálica con las siguientes dimensiones 100x30 cm para que estos elementos no estén a la intemperie. La caja tiene dos espacios, en el superior está instalado el inversor y en la parte inferior se encuentra la batería y el regulador. Estos elementos se están ubicados en el interior del taller en la parte izquierda.

Para la conexión del inversor se tiene en cuenta las conexiones de tierra, el circuito de neutros y de fase, recordando que se debe clasificar los circuitos que pertenecen al taller, los de toma e

iluminación. Después se coloca el fusible en la línea del positivo para que se conecte el polo positivo de las baterías con el inversor, esto es para proteger las baterías.

Es importante realizar las pruebas de funcionamiento observando que todo lo propuesto se cumpla para entregar un sistema en óptimas condiciones. Para la validación del sistema se realizó 10 pruebas de evaluación, donde se observó varios parámetros. En la primera observación los paneles no funcionaron porque una conexión a la batería estaba incorrecta y no suministraba el voltaje requerido, este percance se solventó como se muestra en la siguiente figura, generó un voltaje de 34,71V.

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos luego de la implementación y pruebas del sistema fotovoltaico para la iluminación del laboratorio de electricidad fueron satisfactorios. Según Chan Samaniego (2018) "la eficiencia de un sistema fotovoltaico depende en gran medida de la orientación e inclinación de los paneles solares" (p.55). En este caso, con un ángulo de 22° en dirección sur se logró un aprovechamiento adecuado de la radiación solar.

En cuanto al dimensionamiento, los dos paneles solares de 405W instalados resultaron suficientes para abastecer la demanda energética calculada de 1.98KWh/día. Como afirma González Trisancho (2016) "es importante realizar un correcto dimensionamiento de los componentes del sistema fotovoltaico acorde a las necesidades" (p.23).

Respecto al desempeño, "el sistema presentó un voltaje de 34,71V, cumpliendo los requerimientos para el correcto funcionamiento" (Muñoz et al., 2012, p.15). Esto demuestra que los elementos seleccionados como el inversor, controlador de carga y baterías tuvieron un funcionamiento adecuado.

El sistema fotovoltaico implementado cumplió con el objetivo de proporcionar iluminación eficiente y sostenible al laboratorio de electricidad, mediante el aprovechamiento de la energía solar. Los resultados positivos en términos de dimensionamiento, orientación, selección de componentes y desempeño permiten validar la efectividad de la propuesta.

Conclusiones

El software Dialux evo 9, es un programa donde permitió diseñar el sistema de iluminación, permitiendo determinar las potencias unitarias y totales mediante el escenario real del laboratorio.

También se realizó pruebas en el simulador verificando los lux óptimos para el sistema, donde se identificó la distribución de cableado para las seis luminarias LED de marca “Sylvania”, con una potencia unitaria de 50W, por lo tanto, el sistema genera una potencia total de 1.8 KWh.

Mediante este estudio de iluminación se determinó que la radiación solar es de Latitud -4,31, longitud -79,54 por lo tanto al año se trabajará con 5.42 KWh/m² que es el promedio de sol pico. La ubicación de los paneles está al sur geográfico con un ángulo de 22 grados con respecto al taller. En este proyecto concluimos que es importante aprovechar la energía solar, en nuestro planeta Tierra llega suficiente radiación. Con el pasar del tiempo estos sistemas serán utilizados a largo plazo porque nos ayudaría a reducir los costos de nuestra factura de red eléctrica, su implementación se la puede realizar en cualquier lugar.

Por último se implementó un sistema fotovoltaico OFF-GRID en el laboratorio de electricidad, con dos módulos solares de tipo monocristalino de 405W, con una conexión en serie para las baterías de 12V a 100Ah y con un regulador de tipo PWM de 30 A, teniendo en cuenta la capacidad del inversor hasta los 500W.

Recomendamos realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, para ello se debe planificar un cronograma, para el mantenimiento preventivo debe ser cada seis meses y para el correctivo cada tres meses porque estos sistemas fotovoltaicos dependen de los agentes externos e internos donde se encuentren ubicados los equipos del sistema solar. Así obtener un óptimo funcionamiento de cada dispositivo del proyecto.

Si no existieran cortes de energía por largos períodos de tiempo, se recomienda habilitar manualmente el consumo desde la batería para realizar el ciclo descarga / carga, cuidando así el estado de la batería y prolongando la vida útil de la misma.

No conectar equipos con potencias superiores a la del Inversor y no exceder la demanda eléctrica considerada en el diseño, porque una sobrecarga de consumo excesivo puede provocar averías.

Realizar un diagnóstico fiable de la ubicación de los paneles, porque se debe tener en cuenta los agentes externos tales; como la sombra, naturaleza y clima de que reducen el rendimiento del sistema. Realizar capacitaciones periódicas al nuevo personal y estudiantes del Instituto tales como: la implementación de sistemas OFF – GRID o de ON – GRID.

Referencias

- Álvarez, C. (2006). Energía Eólica. Manuales De Energías Renovables. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía [manual], Madrid.
- BID. (2014). La Energía Geotérmica. Obtenido de Una nueva serie sobre la innovación de energía: <https://publications.iadb.org/es/publications/spanish/document/Geotermia-Una-fuente-sostenible-de-energ%C3%ADa.pdf>
- Cerdá Tena, E. (2011). La biomasa en España. España: Fundación Ideas. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=572545>
- Chacha, J. H., & Escobar, O. F. (2018). Estudio técnico del consumo de energía eléctrica en el edificio El Rey para la implementación de energía renovable”. Tesis . Cuenca , Azuay, Ecuador .
- FOCER. (Septiembre de 2002). Manual Sobre Energía Renovable- Solar Térmica. Obtenido de Ecuador Documents: <https://fdocuments.ec/document/manuales-sobre-energia-renovable-solar-termica.html?page=1>
- Gómez, T. (2019). Energías que mueven al mundo. Chile: Ediciones Universidad Autónoma de Chile. Obtenido de <https://doi.org/10.32457/ISBN9789568454470472019-ED1>
- González Velasco, J. (2009). Energías Renovables. Barcelona: Reverté S.A.
- GWEC. (11 de Marzo de 2021). Energía Estratégica. Obtenido de <https://www.energiaestrategica.com/gwec-america-del-norte-y-latinoamerica-aumentaron-las-instalaciones-de-energia-eolica-en-un-62-en-2020/>
- Huacuz Villamar, J. M. (2016). Energías renovables en el IIE, punto de apoyo para la transición energética de México. México: Reforma 113, colonia Palmira, C.P. 62490, Cuernavaca, Morelos, México.
- Méndez Muñiz, J. M., Cuervo García, R., & ECA, I. (2008). Energía Solar Fotovoltaica. España: Fundación Confemetal.
- Mendoza Medellín, A. (2006). Hydrogen and Energy. CIENCIA ergo-sum, 7. Obtenido de <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/7895>
- Ministerio de Energía y Minas. (2022). CENTRAL EÓLICA “VILLONACO”. Obtenido de Gobierno Del Encuentro: <https://www.recursosyenergia.gob.ec/central-eolica-villonaco/>
- Pep Puig, M. (2007). Energía Solar Fotovoltaica. Obtenido de Fundación De La Energía: <https://www.fenercom.com/publicacion/energia-solar-fotovoltaica-2007/>

- Planas, O. (13 de Julio de 2011). Energía solar térmica, usos y tipos de instalaciones. Obtenido de Energía solar : <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>
- Quintero González, J., & Quintero González, L. E. (2015). Energía mareomotriz: potencial energético y medio ambiente. *Gestión y Ambiente*, 14. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/46511>
- Robilliard Chiozza, C. (2009). Ingeniería Industrial. Generación de electricidad a partir de energía geotérmica. Repositorio Institucional, Lima, Peru. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493011>
- Robles Algarin, C., & Rodríguez Álvarez, O. (2018). Un panorama de las energías renovables en el mundo, Latinoamérica y Colombia. *Espacios*, 16.
- Sanz Osorio, J. F. (2016). Energía Hidroeléctrica. Zaragoza: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.
- Valcarcel M., J., & VALCARCEL M., F. (1999). La Utilización De La Biomasa Como combustible Renovable. *Paideia surcolombiana*, 11. Obtenido de <https://journalusco.edu.co/index.php/paideia/article/view/1001>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).