



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELECTRICA



INFLUENCIA DEL POLVO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA
DE LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS
PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS

TESIS

PRESENTADA POR:

ROYER JHONATHAN MAMANI HUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2023



NOMBRE DEL TRABAJO

INFLUENCIA DEL POLVO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS

AUTOR

ROYER JHONATHAN MAMANI HUANCA

RECuento DE PALABRAS

15912 Words

RECuento DE CARACTERES

88508 Characters

RECuento DE PÁGINAS

85 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.5MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 2, 2023 8:22 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 2, 2023 8:24 PM GMT-5

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)


Marcos Jose Villanueva Cornejo
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
C.I.P. 98138

ASESOR

V°B°


Dra. Milder Zanabria Ortega
DIRECTORA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FIMEES



DEDICATORIA

Dedicado a mi querida familia les dedico a ustedes este gran logro y sin duda ustedes siempre son el motor que impulsa mis sueños y esperanza, así como también fueron mis mejores guías de vida.

A mis apreciados padres Orlando e Isabel por su amor, trabajo y sacrificio a lo largo de estos años, no lo habría logrado sin el apoyo constate, Son mi mayor inspiración.

A mis queridos hermanos Cristian, Liseth y Yeferson por demostrarme siempre su cariño, apoyo, respaldo incondicional y compartir momentos significativos conmigo.

Royer Jhonathan Mamani Huanca



AGRADECIMIENTOS

Primero agradecido con Dios por permitirnos llegar a este momento, por guiarme a lo largo de mi formación profesional, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradezco a mi casa de estudios superiores la Universidad nacional de altiplano Puno por haberme permitido formarme en ella, a mi escuela profesional de Ingeniería mecánica eléctrica, así como también a mis selectos docentes que me brindaron su conocimiento y su apoyo para el cumplimiento de mi paso por la universidad y mi formación profesional.

A mi director de tesis Ing. Marcos J. Villanueva Cornejo, también expresarle mi gratitud por la acertada orientación, el soporte, discusión crítica y apoyo incondicional que me permitió un buen desarrollo durante el proceso de esta tesis.

Royer Jhonathan Mamani Huanca



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA 15

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 17

1.2.1. Problema general..... 17

1.2.2. Problemas específicos 17

1.3. HIPÓTESIS..... 17

1.3.1. Hipótesis general 17

1.3.2. Hipótesis específicas 17

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 18

1.4.1. Justificación económica 18

1.4.2. Justificación ambiental 18

1.4.3. Justificación social 19

1.4.4. Justificación práctica 19

1.5. OBJETIVOS..... 19

1.5.1. Objetivo general 19



1.5.2. Objetivos específicos..... 20

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 21

2.1.1. Internacionales 21

2.1.2. Nacionales 24

2.2. MARCO TEÓRICO 27

2.2.1. Energías renovables..... 27

2.2.2. Polvo..... 29

2.2.3. Temperatura 30

2.2.4. Energía solar..... 32

2.2.5. Radiación térmica..... 33

2.2.6. Radiación solar..... 33

2.2.7. Paneles fotovoltaicos..... 35

2.2.8. Tipos de paneles solares fotovoltaicos 36

2.2.9. Los componentes..... 39

2.2.10. Efectos del polvo en la eficiencia del panel solar 41

2.2.11. Limpieza de paneles fotovoltaicos 41

2.2.12. Eficiencia energética 44

2.2.13. Energías limpias 45

2.2.14. Sostenibilidad 46

2.2.15. Estimación de la potencia nominal..... 46

2.2.16. Factor de reducción, η_{polvo} 49



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	53
3.1.1. Tipo de estudio	53
3.1.2. Diseño de estudio	53
3.2. NIVEL Y METODOS DE INVESTIGACION	53
3.2.1. Nivel de Investigación descriptivo	53
3.2.2. Métodos de investigación.....	54
3.3. MUESTRA Y POBLACION DE ESTUDIO	54
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	54
3.4.1. Instrumentos de Recopilación de Datos	54
3.4.2. Procedimientos de Análisis de Datos	55
3.4.3. Técnica de equipos experimentales.....	59
3.4.4. Consideraciones de la limpieza optima de los paneles solares	60

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS	64
4.1.1. Resultado de la Irradiación solar	64
4.1.2. Eficiencia energética por la influencia del polvo	65
4.1.3. Transferencia energética bajo 0,25mm de espesor.....	67
4.1.4. Transferencia energética bajo 0.39mm de espesor.....	68
4.1.5. Transferencia energética bajo 0.65mm de espesor.....	69
4.2. DISCUSIÓN	70
V. CONCLUSIONES.....	72
VI. RECOMENDACIONES	73



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
ANEXOS.....	79

Área: Eléctrica

Tema: Energías Renovables

Fecha de sustentación: 06 de octubre del 2023



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Energías renovables.	28
Figura 2: Polvo en paneles solares.	29
Figura 3: Potencial eléctrico fotovoltaico en el Perú.....	31
Figura 4: Energía térmica y energía solar.....	35
Figura 5: Tipos de paneles solares fotovoltaicos.....	39
Figura 6: Componentes de un panel solar fotovoltaico	40
Figura 7: limpieza de paneles solares fotovoltaicas	43
Figura 8: Limpieza de paneles solares automáticos	44
Figura 9: Temperatura y potencia máxima v/s espesor de polvo.	51
Figura 10: Temperatura de potencia máxima v/s espesor de polvo	52
Figura 11: Modulo solar fotovoltaico con polvo	55
Figura 12: Data logger instalado en el panel solar fotovoltaico	57
Figura 13: Celda fotovoltaica con limpieza periódica.....	58
Figura 14: Medidor de energía solar (solar power meter).....	60
Figura 15: Irradiancia solar registrada.....	65
Figura 16: perdida por polvo 0.25mm.....	67
Figura 17: perdida por polvo 0.39mm.....	68
Figura 18: perdida por polvo 0.65mm.....	69



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de la irradiancia solar	64
Tabla 2: datos de la eficiencia del panel solar sin la influencia del polvo.....	65
Tabla 3: datos de la eficiencia del panel solar con la influencia del polvo.....	66
Tabla 4: Variación de potencia de un panel sin polvo V/S con polvo.....	67
Tabla 5: Variación de potencia de un panel sin polvo V/S con polvo.....	68
Tabla 6: Variación de potencia de un panel sin polvo V/S con polvo.....	69



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

A	: Amperio
CA	: Corriente alterna
CC	: Corriente continua
CEM	: Condiciones estándar de medida
GW	: Gigavatios
IEC	: Internacional electrotechnical commission
MP	: Máxima potencia
NREL	: Instituto Nacional de Energía Solar
PNUMA	: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
TW	: Tera vatios
V	: voltios
W	: vatios



RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la influencia del polvo en la eficiencia energética de los paneles solares monocristalinos en la producción de energía eléctrica. Se utilizó la siguiente metodología: Para ello, se llevó a cabo un estudio aplicado y de alcance tecnológico, utilizando teorías y postulados sobre el fenómeno de estudio. Se utilizó el método científico, con métodos particulares como el hipotético-deductivo, los métodos analítico y sintético, además del observacional y estadístico. El diseño del estudio fue experimental, ya que se manipularon las variables con el fin de obtener resultados y desarrollarlas en un módulo de Energía renovable con panel fotovoltaico monocristalino. La población y muestra considerada fueron los paneles solares monocristalinos. Los instrumentos de recolección de información fueron artículos científicos, libros y revistas, utilizando el análisis bibliográfico y documental del tema en cuestión. Los resultados indican que es posible presentar indicadores y parámetros tecnológicos de altos niveles de eficiencia y eficacia del uso de paneles solares monocristalinos, así como su especial cuidado en ambientes de polvo en sistemas de energías renovables. En conclusión, se logró demostrar la importancia del cuidado y mantenimiento de los paneles solares monocristalinos en ambientes con polvo, y la necesidad de diseñar sistemas de energías renovables que minimicen la influencia del polvo en la eficiencia energética de los paneles solares. Los resultados obtenidos en este estudio son relevantes para solucionar el problema del impacto del polvo en los paneles solares y contribuyen al desarrollo de tecnologías sostenibles y eficientes en la producción de energía eléctrica.

Palabras Clave: Eficiencia energética, energía eléctrica, paneles solares monocristalinos, polvo, producción.



ABSTRACT

The objective of this research was to determine the influence of dust on the energy efficiency of monocrystalline solar panels in the production of electrical energy. For this purpose, an applied study of technological scope was carried out, using theories and postulates on the study phenomenon. The scientific method was used, with particular methods such as the hypothetical-deductive, analytical and synthetic methods, as well as observational and statistical methods. The design of the study was experimental, since the variables were manipulated in order to obtain results and develop them in a renewable energy module with a monocrystalline photovoltaic panel. The population and sample considered were monocrystalline solar panels. The data collection instruments were scientific articles, books and magazines, using bibliographic and documentary analysis of the subject in question. The results indicate that it is possible to present indicators and technological parameters of high levels of efficiency and effectiveness of the use of monocrystalline solar panels, as well as their special care in dusty environments in renewable energy systems. In conclusion, it was possible to demonstrate the importance of the care and maintenance of monocrystalline solar panels in dusty environments, and the need to design renewable energy systems that minimize the influence of dust on the energy efficiency of solar panels. The results obtained in this study are relevant to solve the problem of the impact of dust on solar panels and contribute to the development of sustainable and efficient technologies for the production of electric energy.

Keywords: Energy efficiency, electrical energy, monocrystalline solar panels, dust, production.



CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

A comienzos del siglo XXI, los países de todo el mundo comenzaron a comprender la gravedad de la crisis climática que se está desarrollando debido a la revolución industrial. Este fenómeno es causado en gran parte por las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las centrales eléctricas basadas en combustibles fósiles. En particular, las plantas de generación eléctrica que utilizan el carbón son responsables de una significativa cantidad de emisiones de dióxido de carbono, representando el 30% del total mundial en 2019. Esto ilustra la importancia de abordar este problema global y encontrar soluciones sostenibles para garantizar un futuro saludable para las generaciones presentes y futuras.

En el Perú, como en muchos otros países, se ha dado una creciente atención a la crisis climática y a la necesidad de tomar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El país ha implementado una serie de políticas y programas para fomentar la energía renovable y reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Además, el Perú ha participado activamente en iniciativas internacionales para abordar el cambio climático, incluyendo la firma del Acuerdo de París sobre el cambio climático en 2015. Sin embargo, aún existen desafíos importantes por abordar, incluyendo la necesidad de una mayor inversión en tecnologías sostenibles y la educación y sensibilización del público sobre la importancia de actuar contra el cambio climático.

A pesar de que la energía solar fotovoltaica se ha presentado como una alternativa viable para reducir la dependencia de los combustibles fósiles en la generación de electricidad, su implementación no está exenta de obstáculos. Uno de los principales



desafíos de la energía solar es su dependencia del clima y la luz solar, lo que significa que un sistema fotovoltaico no puede producir electricidad durante la noche o en condiciones climáticas adversas. Además, la eficiencia de los sistemas solares aún deja mucho que desear, con un rendimiento promedio del 20% bajo condiciones ideales. Esto significa que aún se requiere una mejora significativa en la tecnología fotovoltaica antes de que pueda ser una solución práctica y asequible para satisfacer las necesidades energéticas a gran escala. La falta de eficiencia se vuelve aún más problemática cuando se tienen en cuenta las condiciones reales de funcionamiento de los paneles solares. Debido a factores ambientales y a la degradación de los materiales, la eficiencia real de una planta solar puede disminuir significativamente. Esto significa que es necesario construir plantas solares mucho más grandes para generar cantidades significativas de energía eléctrica.

El presente trabajo de investigación denominado “Influencia del polvo en la eficiencia energética de la producción de la energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos”, con un lugar adecuado para su instalación, orientándolos en la dirección correcta, limpios, usando un inversor de alta eficiencia y con dispositivos de optimización de paneles, con el objetivo de analizar la influencia del polvo sobre la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos.

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El sector de los paneles solares ha experimentado un fuerte aumento en su producción y popularidad en las últimas décadas. La tecnología fotovoltaica ha avanzado mucho, pasando de ser un concepto experimental en el laboratorio a convertirse en una aplicación comercial masiva, con una gran cantidad de paneles solares producidos y vendidos en todo el mundo.



El desafío de la eficiencia se agrava al tener en cuenta las condiciones reales de funcionamiento de los paneles solares. Debido a factores que impactan su rendimiento, la eficiencia real de una planta solar puede disminuir considerablemente. Para superar estos efectos y mejorar la eficiencia, es necesario construir grandes extensiones de paneles solares para producir una cantidad significativa de energía. Entre los factores que influyen en la eficiencia de los paneles solares, dos de los más importantes son el Soiling (acumulación de polvo en el panel) y el aumento de la temperatura. Estos dos factores tienen un impacto significativo en la reducción de la producción de energía en las plantas solares fotovoltaicas; El primero, Soiling disminuye la cantidad de radiación que llega efectivamente al panel, mientras que el aumento de la temperatura tiene un impacto directo en sus propiedades eléctricas y el segundo, la elevación de la temperatura de la célula fotovoltaica reduce el voltaje de máxima potencia, lo que a su vez disminuye la capacidad de generación de energía del panel. Estos dos fenómenos aún no se han investigado a fondo cómo la acumulación de polvo y el aumento de la temperatura interactúan y afectan el rendimiento de los paneles solares. Este modelo permite analizar la influencia del polvo sobre la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos, para poder evaluar la eficiencia de los paneles solares monocristalinos por la influencia del polvo, determinar los niveles de transferencia de calor por conducción, convección y radiación de un panel solar fotovoltaico por la presencia de polvo, y calcular la transferencia energética bajo la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo realizar el análisis de la influencia del polvo sobre la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo evaluar la eficiencia de los paneles solares monocristalinos por la influencia del polvo?
- ¿Cómo calcular la potencia energética bajo la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino?

1.3. HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

El polvo influye negativamente en la eficiencia energética de la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos.

1.3.2. Hipótesis específicas

- La eficiencia de los paneles solares monocristalinos se reduce por la influencia del polvo que cae sobre sus superficies.
- Es posible calcular la potencia energética por la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino.



1.4. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1.4.1. Justificación económica

La justificación económica de este proyecto implica considerar el costo-beneficio de los sistemas de producción de los sistemas de producción de energía eléctrica utilizando modelos eficientes de energía renovable como los paneles solares monocristalinos en comparación con otros tipos de sistemas que son más costosos. En tal sentido la implementación tendrá un costo aproximado de 3 500.00 soles.

Al evaluar el costo-beneficio, se debe tener en cuenta el gasto inicial para la implementación, así como los ahorros y ganancias a largo plazo que se pueden obtener a partir de la producción de energía renovable. La evaluación económica también debe considerar otros factores, como la durabilidad y la eficiencia energética a largo plazo. En general, la implementación de sistemas de producción de energía renovable eficientes puede tener un impacto positivo en la economía y el medio ambiente a largo plazo.

1.4.2. Justificación ambiental

Desde esta perspectiva, el proyecto busca promover la utilización de una forma de energía renovable de manera eficiente y a un costo accesible, mientras se toma en cuenta el impacto ambiental. Al utilizar energías renovables, se espera reducir la huella de carbono y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles. Además, debido a que las energías renovables tienen un impacto ambiental mínimo, se espera que haya un ahorro anual de 8000.00 soles por hogar. Este ahorro puede ser resultado de una disminución en el costo de la energía y de la reducción de la emisión de gases contaminantes. Al adoptar un enfoque responsable con el medio ambiente, se espera fomentar una economía más sostenible y ayudar a mitigar el cambio climático.



1.4.3. Justificación social

En este aspecto, se consideraron tanto a los usuarios directos como a los indirectos de la energía renovable. Los usuarios directos son aquellos que prefieren utilizar fuentes de energía renovable y limpia para la generación de electricidad. Por otro lado, los descargadores indirectos incluyen a los estudiantes de carreras como mecánica eléctrica, electrónica y sistemas. Estos estudiantes pueden estar interesados en el proyecto porque les permitirá aprender sobre tecnologías avanzadas de energía renovable, así como sobre cómo estas tecnologías pueden ser utilizadas para mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental. Además, estos estudiantes podrán contribuir con su conocimiento a la promoción y difusión de las energías renovables. En resumen, considerar tanto a los usuarios directos como a los indirectos permite abarcar una amplia gama de personas interesadas en el proyecto y asegurar su éxito a largo plazo.

1.4.4. Justificación práctica

Implica la ejecución del proyecto en base a los experimentos diseñados para verificar las ventajas y beneficios de la generación de energía eléctrica con bajos costos utilizando sistemas y modelos de captación de energía a través de paneles monocristalinos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Analizar la influencia del polvo sobre la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos.



1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia de los paneles solares monocristalinos por la influencia del polvo.
- Calcular la potencia energética bajo la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino.



CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para alcanzar los objetivos planteados, es fundamental llevar a cabo una revisión bibliográfica como parte del proceso de investigación y desarrollo de la tesis:

2.1.1. Internacionales

Lu et al. (2019), desarrolló un estudio titulado “Estudio numérico sobre el proceso de contaminación por polvo polidispersado en paneles solares fotovoltaicos montados en el techo de un edificio”, su objetivo de la investigación fue investigar el proceso de contaminación de partículas de polvo polidispersas en el sistema solar fotovoltaico montado en los techos de los edificios mediante simulación CFD. en el cual se abordó la deposición de partículas de polvo polidispersado en paneles fotovoltaicos encontrados en el techo de un edificio ubicado en los Emiratos Árabes Unidos, en donde la presencia de polvo afecta hasta en un 70% en la eficiencia del de este panel, cuando este estuvo expuesto durante 12 meses, en donde se realiza una simulación tomando como factor la velocidad del viento y las partículas que se sedimentaron en el panel, por lo que recomiendan la implementación de una limpieza mecánica para mantener la eficiencia del panel y disminuir pérdidas de captación energética. Se concluye que la contaminación por polvo en paneles solares fotovoltaicos montados en el techo de un edificio mediante la simulación de CFD. Se encontró que la velocidad y tamaño del polvo tienen un impacto en la tasa de deposición. Las tasas de deposición aumentan con la velocidad del viento, alcanzando su máximo en un 11,45% cuando la velocidad del viento es de 5 m/s. La



contaminación por polvo es un problema importante para el sistema de paneles solares, especialmente en condiciones de viento fuerte.

Cai et al. (2019), en la investigación titulada “Optimización de parámetros de la estructura absorbente de polvo para robot de limpieza de paneles fotovoltaicos basado en el método de experimento ortogonal”, elaboraron una investigación con el fin de precisar en qué medida la absorción de polvo influyen en la estructura y funcionamiento de un robot fabricado para hacer labores de higiene, contruidos por paneles fotovoltaicos utilizando ensayos octogonales. De acuerdo con los resultados se aseguró que el polvo es un componente fundamental en el incorrecto funcionamiento de los paneles solares. Al respecto se llevaron a cabo 16 ensayos para poder determinar las dimensiones óptimas para este robot y garantizar su funcionamiento y propósito. Se concluyó que la prioridad de los factores de influencia se determina a través del análisis de rango: la altura de salida, el ancho de salida, la altura de entrada, el ancho de entrada y el radio de cuello y se analizó el valor promedio de cada factor y la tendencia de variación del índice.

Du et al. (2019), presentaron un trabajo titulado “Eliminación turbulenta de partículas de polvo en el flujo de aire de la superficie del panel solar: análisis y experimentación”. Con el propósito de verificar en qué medida la reducción del polvo en el flujo de aire en superficies de paneles solares benefician el funcionamiento de los paneles solares. Se hizo un diagnóstico del comportamiento de las partículas finas ubicadas encima del panel fotovoltaico, con el fin de ejecutar su remoción a través de la aplicación de aire turbulento en entornos secos y húmedos, con determinadas velocidades de corte críticos. Con respecto a la eliminación de las partículas se hizo uso, para la estimación, de la metodología de Monte Carlo para luego moderar una abertura de expansión de múltiples fases con diversas cavidades de expansión. Finalmente, el sistema de eliminación de polvo para el panel solar se validó experimentalmente y se demostró



su viabilidad, optando por un enfoque para lograr la eliminación de partículas sin hacer contacto físico con la superficie.

Salari & Hakkaki-Fard (2019), en su investigación titulada “Estudio numérico de los efectos de la deposición de polvo en módulos fotovoltaicos y sistemas fotovoltaicos-térmicos”, llevaron a cabo una investigación con el objetivo de determinar los parámetros relacionados con los residuos de polvo que se depositan en sistemas fotovoltaicos térmicos. Se logró establecer que la fijación del polvo en las superficies de los paneles afecta significativamente el rendimiento de los sistemas de captación de energía renovable. Los ensayos de simulación incluyendo la intensidad temperatura y velocidad de entrada, influye significativamente en el rendimiento de este tipo de energías renovables. Además, los resultados de la simulación mostraron que los cambios en los parámetros considerados en un sistema de paneles solares sin polvo tienen un mayor impacto que los cambios en un sistema con polvo en el panel. Esto sugiere que la presencia de polvo en los paneles solares puede tener un impacto negativo en su eficiencia y rendimiento, y es importante tener en cuenta este factor al evaluar y optimizar el desempeño de un sistema de paneles solares.

Lu & Zhang (2019), desarrollaron el trabajo titulado “Influencias de la deposición de polvo en los paneles fotovoltaicos solares montados en el suelo: un estudio de simulación CFD”. En la investigación se analizaron los procesos de deposición de polvo en paneles solares fotovoltaicos con el fin de establecer en que medida influye el polvo en el rendimiento de estos sistemas. Se realizaron los ensayos correspondientes y los principales hallazgos determinaron que el polvo fijado en paneles solares influye directamente en la operatividad de sus superficies y de la captación de energía solar. Por lo tanto, el mayor impacto en la disminución de la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos se encuentra en la primera fila de paneles, lo que sugiere que esta ubicación



es más propensa a sufrir una degradación en su eficiencia en comparación con otras filas o ubicaciones.

2.1.2. Nacionales

Swayne (2017), elaboró una investigación “Propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo eléctrico del laboratorio de electrónica en la Institución Pedro Abel Labarthe Durand, Chiclayo, 2017”, su objetivo es proponer el diseño de un sistema fotovoltaico para reducir el consumo eléctrico del Laboratorio de electrónica en IE. Pedro Abel Labarthe Durand, el estudio tuvo un enfoque cuantitativo y diseño experimental. De acuerdo con los resultados se verificó disminuir el consumo de energía eléctrica aplicando la implementación de paneles fotovoltaicos con energía renovable. En la investigación se llega a la conclusión la implementación de paneles fotovoltaicos permite la producción de energía eléctrica limpia y renovable, lo que tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en la reducción de emisiones de gases contaminantes. Además, si se diseñan y ejecutan correctamente, pueden brindar ahorros significativos en la factura de energía eléctrica, lo que puede ser una gran ventaja para las personas o empresas que los implementan. En resumen, los paneles fotovoltaicos pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente y en la economía de las personas o empresas que los utilizan.

Pino (2015), desarrolló una investigación con el título “Análisis de la reducción del costo de consumo de energía eléctrica usando un sistema de paneles fotovoltaicos en los laboratorios de la facultad de ingeniería de sistemas e informática de UNSM”, con el objetivo de analizar la reducción del costo de consumo de energía eléctrica mediante el uso del sistema de paneles fotovoltaicos en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín – T. Con diseño pre



– experimental, siendo la muestra y la población que consta 03 laboratorios de telemática, redes y soporte técnico, mediante las técnicas de la observación directa y análisis de documentos. En el estudio se concluyó que el análisis referido permite determinar los parámetros de reducción del pago económico del suministro de energía convencional mediante paneles fotovoltaicos, en la medida en que se establece la potencia del inversor y sus niveles de eficiencia. si se diseñan y ejecutan correctamente, pueden brindar ahorros significativos en la factura de energía eléctrica, lo que puede ser una gran ventaja para las personas o empresas que los implementan. En resumen, los paneles fotovoltaicos pueden tener un impacto positivo en el medio ambiente y en la economía de las personas o empresas que los utilizan.

Acosta & Rodríguez (2022) La región de Arequipa, ubicada al sur de Perú, desarrollaron un estudio titulado “análisis del impacto ocasionado por el material particulado en el desempeño energético de paneles fotovoltaicos en zonas cercanas a operaciones mineras” tan solo el 1.44% de la energía en Perú es producida con paneles fotovoltaicos. Se pretende fomentar la utilización de energía solar no solo en el ámbito urbano, sino también en la industria minera la cual es una de las principales actividades económica y consumidoras de electricidad en el país. Estudios previos han demostrado que uno de los principales problemas que enfrentan las plantas fotovoltaicas es la deposición de material particulado, por lo que el objetivo del presente proyecto es hallar la cantidad de gramos por metro cuadrado de polvo depositado sobre un módulo fotovoltaico que provoque un déficit en el rendimiento energético del mismo, los resultados se utilizarán el proyecto de investigación mencionado en la presentación. Para lograrlo, se ubicó un panel fotovoltaico en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero en la provincia y departamento de Arequipa, donde el material particulado fue pesado con una balanza de precisión, dando así la obtención de la tasa de deposición de polvo (g/m^2),



este valor se relacionó con el porcentaje de eficiencia emitida por el prototipo en mención. Los resultados mostraron que existe una reducción de eficiencia total promedio de 60.6% debido a una tasa de deposición de 35 g/m² en la superficie del panel fotovoltaico analizado experimentalmente. Por lo tanto, los resultados muestran que la presencia de material particulado en el departamento de Arequipa impactará en el desempeño energético del panel fotovoltaico, por ende, no podría existir una óptima utilización y futura implementación en la industria minera ya que este sector es uno de los mayores generadores de material particulado en el mundo.

Vásquez & Zúñiga (2015), presentaron el proyecto “Pre factibilidad para la implementación de energía solar fotovoltaica y térmica en el campamento minero Comihuasa en el departamento de Huancavelica”, con la finalidad de satisfacer la demanda de energía eléctrica que se consume en este campamento utilizando energías renovables además de proteger el medio ambiente y los sistemas ecológicos. El proyecto en cuestión busca abordar la necesidad energética del campamento a través del uso de la energía solar, la cual es renovable, limpia y sostenible. Se pretende implementar sistemas de generación de energía eléctrica a partir de paneles solares, con el objetivo de cubrir las necesidades diarias de energía del campamento y mejorar su eficiencia energética. Este enfoque ayudará a reducir el impacto ambiental negativo y a disminuir los costos de energía a largo plazo. Sintetizando, la propuesta de este proyecto es utilizar la energía solar para satisfacer las necesidades energéticas del campamento de manera eficiente, sostenible y económica. En la investigación se concluyó que el uso de energías renovables es una alternativa óptima para el ahorro de energía eléctrica.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Energías renovables

Son el tipo de energías que se captan a través del viento, el agua, el sol, las fuentes animales y vegetales pero que pueden renovarse sin restricciones (Demirel, 2021).

Las energías renovables son aquellas energías que se generan a partir de recursos naturales inagotables que se renuevan constantemente, como la luz solar, la biomasa, la geotermia, el viento y las mareas (IRENA, 2022).

Las energías renovables son aquellas energías obtenidas de fuentes naturales inagotables, como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, oceánica y biomasa, que, a diferencia de los combustibles fósiles, no emiten gases de efecto invernadero ni otros contaminantes (Europea, 2023).

Las energías renovables son aquellas energías obtenidas de recursos naturales que se renuevan constantemente, como la solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, oceánica y biomasa, y que son consideradas alternativas a los combustibles fósiles debido a su bajo impacto ambiental (EPA, 2023).

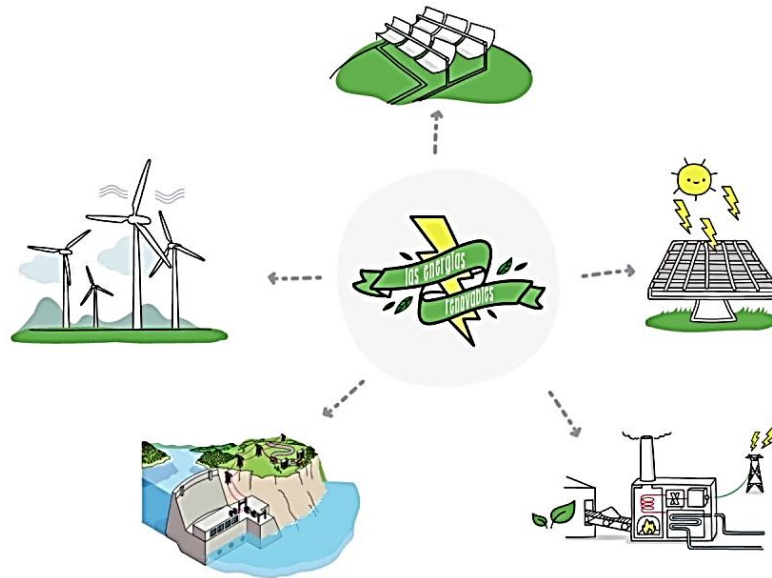


Figura 1: Energías renovables.
Fuente: Maxresdefault.jpg (1280×720) (yting.com).

2.2.2.1. Clases de energías renovables

Las energías renovables incluyen energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, biomasa y energía de olas y mareomotriz (Osinergmin, 2023).

Las clases de energía renovable incluyen:

Energía solar: Energía obtenida a partir de la radiación del sol

Energía eólica: Energía obtenida a partir del viento

Energía hidroeléctrica: Energía obtenida a partir de la energía potencial de agua acumulada

Energía geotérmica: Energía obtenida a partir del calor del interior de la tierra

Energía biomasa: Energía obtenida a partir de material orgánico de fuentes renovables

Energía de mareomotriz: Energía obtenida a partir de la diferencia de altura entre las mareas

Energía de biomasa de residuos: Energía obtenida a partir de la combustión de residuos orgánicos.

2.2.2. Polvo

Hace referencia a las partículas agrupadas que tienen la capacidad de flotar en el aire y depositarse sobre superficies de objetos (Kasim, 2010).

El polvo es uno de los principales factores de degradación de la eficiencia de los paneles solares, ya que puede cubrir la superficie de los módulos fotovoltaicos y reducir la cantidad de luz que entra en las células (IRENA, 2022).

Según el Instituto Nacional de Energía Solar (NREL, por sus siglas en inglés), define el polvo de los paneles solares como partículas de tierra, arena, polvo industrial y otras sustancias que pueden acumularse en la superficie de un panel solar y reducir su eficiencia.

De acuerdo a la revista Energy Policy, define el polvo en los paneles solares como contaminación ambiental acumulada en la superficie de los paneles y afectando negativamente su rendimiento. Este tipo de contaminación puede deberse por diversos factores ambientales como viento, arena, humo y polvo industrial, entre otros.



Figura 2: Polvo en paneles solares.
Fuente: Info@engi.co



2.2.3. Temperatura

Cuando los paneles alcanzan altas temperaturas, la eficiencia energética disminuye. Hill informó que la eficiencia del rendimiento energético cae un 1,1% por cada grado adicional en grados Celsius una vez que la temperatura del panel fotovoltaico alcanza 42°C (Hill, 2013).

La temperatura asociada con un panel solar es un factor clave que afecta el rendimiento del panel. Para describir la temperatura de un panel solar se pueden utilizar algunas definiciones:

Temperatura de operación: Es la temperatura a la que el panel solar funciona normalmente y produce su máximo rendimiento.

Temperatura ambiente: Esta es la temperatura del aire ambiente que rodea el panel solar y puede afectar su rendimiento.

Temperatura isoterma: esta es la temperatura a la que el panel solar se calentará constantemente y se puede esperar el máximo rendimiento.

Los paneles solares pueden tener un impacto significativo en su eficiencia y rendimiento, por lo que, a la hora de planificar y diseñar un sistema fotovoltaico, se deben tener en cuenta las condiciones ambientales y de funcionamiento.

Los módulos fotovoltaicos se caracterizan por presentar pérdidas de potencia del orden de un 4% por cada 10 °C de aumento de su temperatura de funcionamiento. (este porcentaje varía ligeramente según la célula fotovoltaica que es utilizada). La temperatura de funcionamiento de los módulos fotovoltaicos depende de los factores ambientales como la intensidad de la radiación solar, la temperatura ambiente y velocidad del viento, así como la posición de los módulos o de la ventilación trasera. Esto significa que por

ejemplo a igualdad de irradiación solar incidente un mismo sistema fotovoltaico producirá menos energía en un lugar cálido que en un clima frío. Pérdidas de eficiencia de inversor, Un inversor fotovoltaico se puede caracterizar por la curva de rendimiento en función de la potencia de funcionamiento. Es importante seleccionar un inversor de alta eficiencia en condiciones nominales de operación y también es importante la selección adecuada de la potencia del inversor en función de la potencia del generador fotovoltaico. (por ejemplo, El manejo de un inversor de una potencia enorme en función de la potencia del generador fotovoltaico dará lugar a que el sistema maneja una gran parte del tiempo en valores de rendimiento muy inferiores, con las constantes pérdidas de generación).



Figura 3: Potencial eléctrico fotovoltaico en el Perú
Fuente: Solargis



2.2.4. Energía solar

Es la energía que se genera por la acción de la luz o el calor del sol para producir calor y electricidad de manera inagotable (Garrido, 2020).

La energía solar es un tipo de energía renovable obtenida de la radiación solar, que es la luz y el calor que emite el sol. Los paneles solares, también llamado panel fotovoltaico, es un dispositivo que convierte la energía del sol en electricidad.

Estos paneles consisten en celdas solares que convierten la energía de la luz en corriente eléctrica que se puede utilizar en diversas aplicaciones, como viviendas, edificios, centrales eléctricas y transporte.

La eficiencia de los paneles solares depende de varios factores como la calidad y cantidad de radiación solar, temperatura de la celda, calidad de los materiales y componentes utilizados para su fabricación.

La energía solar se refiere a la energía obtenida directamente del sol. La radiación solar es una forma de energía renovable, limpia, abundante y renovable que puede utilizarse para satisfacer nuestras necesidades energéticas.

Existen varias formas de aprovechar esta energía, entre ellas la generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, la generación de calor mediante colectores solares para uso doméstico e industrial, y la generación de biofuel a partir de algas y plantas.

La energía solar es una de las tecnologías más prometedoras en la lucha contra el cambio climático y puede contribuir significativamente a la transición hacia una economía sostenible y baja en carbono.



2.2.5. Radiación térmica

La radiación térmica es la energía electromagnética emitida por los cuerpos calientes. Según Sánchez (2015), en el contexto de los paneles solares, la radiación térmica es la energía emitida por los paneles solares que no es utilizada para producir electricidad, sino que se dispersa como calor. La radiación térmica puede ser un problema en los paneles solares ya que puede aumentar la temperatura de los paneles y disminuir su eficiencia. Por lo tanto, es importante diseñar los paneles solares de manera que se minimice la radiación térmica. Esto puede lograrse utilizando materiales con baja conductividad térmica y diseños que promuevan la disipación del calor.

La radiación térmica es un tipo de energía electromagnética que se propaga en forma de ondas y es generada por la emisión de calor. Con respecto a los paneles solares, la radiación térmica es un factor importante en la eficiencia de conversión de energía. La energía solar incidente en un panel solar se convierte en electricidad a través del efecto fotovoltaico, pero también genera calor en el proceso. Este calor, si no se dispersa adecuadamente, puede aumentar la temperatura del panel y reducir su eficiencia. La radiación térmica también puede causar daño a los componentes electrónicos del panel y aumentar la necesidad de mantenimiento. Por lo tanto, es importante tener en cuenta la radiación térmica al diseñar y operar sistemas solares fotovoltaicos, y considerar medidas para disipar el calor generado, como la ventilación o el enfriamiento por líquido (Sánchez, 2015).

2.2.6. Radiación solar

Esta se compone de tres tipos de radiación: la radiación infrarroja, la radiación visible y la radiación ultravioleta. La radiación infrarroja es la que se siente como calor y es la que más contribuye al calentamiento global. La radiación visible es la que se percibe



como luz y es la que se utiliza para la fotosíntesis en las plantas. Por último, la radiación ultravioleta es la que puede causar daño a la piel y contribuir al agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera.

La radiación solar también puede ser afectada por la presencia de nubes, que pueden bloquear o dispersar la radiación solar. A pesar de esto, incluso en días nublados, los paneles solares pueden seguir generando energía, aunque en menor cantidad.

Es importante destacar que la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra es mucho mayor que la cantidad de energía que la humanidad consume. Según la Agencia Internacional de Energía, en solo una hora, la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra es suficiente para satisfacer las necesidades energéticas del planeta durante un año entero. (IEA, 2021) Por lo tanto, la radiación solar tiene un enorme potencial como fuente de energía renovable y sostenible.

Para aprovechar al máximo esta fuente de energía, es necesario seguir investigando y desarrollando tecnologías y materiales más eficientes y rentables para la captura y transformación de la radiación solar en energía eléctrica. Además, es necesario promover políticas y medidas que incentiven la adopción de tecnologías solares en diferentes sectores de la sociedad y la economía.

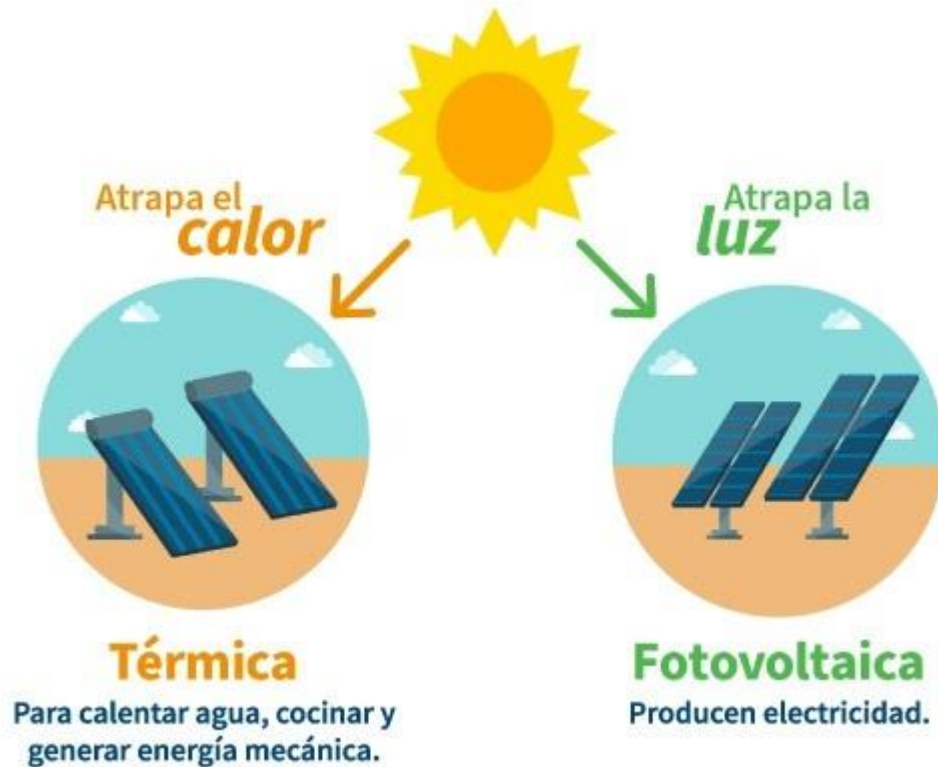


Figura 4: Energía térmica y energía solar
Fuente: Amazings y NCYT, 2021

2.2.7. Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son dispositivos que convierten la luz del sol en energía eléctrica mediante un proceso llamado fotovoltaico. Estos paneles consisten en células solares compuestas por materiales semiconductores, como el silicio, que son capaces de capturar la energía de los fotones de la luz solar y generar un flujo de electrones. (Yan et al., 2020) Estos electrones fluyen a través de circuitos eléctricos y se utilizan como fuente de energía eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos son una fuente de energía renovable y respetuosa con el medio ambiente, ya que no emiten gases de efecto invernadero ni producen residuos tóxicos. (Jain et al., 2019) Además, son ideales para instalaciones remotas y aisladas,

donde la electricidad es difícil de llegar, y pueden ser utilizados para satisfacer la demanda eléctrica de hogares, edificios comerciales, estaciones de servicio, etc.

Los paneles fotovoltaicos son una tecnología en constante evolución y desarrollo. Las investigaciones actuales se centran en mejorar la eficiencia de conversión de energía de los paneles, así como en desarrollar nuevos materiales y tecnologías para reducir los costos y aumentar la vida útil de los paneles. (Ghosh et al., 2021)

2.2.8. Tipos de paneles solares fotovoltaicos

Los tipos de paneles solares fotovoltaicos incluyen:

2.2.8.1. Paneles solares monocristalinos:

Según Kim, Kim y Park (2019), los paneles solares monocristalinos se caracterizan por tener una eficiencia de conversión más alta debido a su estructura única de células solares. Además, son ideales para instalaciones de gran escala debido a su tamaño y capacidad de producción de energía.

Por otro lado, según Alotaibi et al. (2021), los paneles solares monocristalinos son adecuados para climas cálidos y condiciones de baja iluminación, lo que los hace ideales para regiones con altas temperaturas como Oriente Medio.

Según Du et al. (2020), los paneles solares monocristalinos son más costosos que otros tipos de paneles solares, pero también son más duraderos y tienen una vida útil más larga, lo que los hace una opción viable para proyectos a largo plazo.

2.2.8.2. Paneles solares policristalinos

De acuerdo con Muzathik et al. (2019), los paneles solares policristalinos son una opción económica y popular para instalaciones de pequeña a mediana escala. Tienen una



apariciencia uniforme y una tasa de conversi3n de energa solar a electricidad ligeramente m3s baja en comparaci3n con los paneles solares monocristalinos.

Segun Fang et al. (2020), los paneles solares policristalinos tienen una buena eficiencia energ3tica en condiciones de alta radiaci3n solar, pero su rendimiento puede disminuir en condiciones de baja luminosidad. Sin embargo, siguen siendo una opci3n viable para 3reas con altas tasas de insolaci3n.

Finalmente, segun Mishra y Ramaswamy (2018), los paneles solares policristalinos tienen un proceso de producci3n menos costoso en comparaci3n con los paneles solares monocristalinos. Adem3s, son una opci3n ideal para sistemas fotovoltaicos pequeos y medianos en 3reas rurales o remotas.

2.2.8.3. Paneles solares de t3cnica de pel3cula delgada

Khatri y Singh (2018), dice que los paneles solares de t3cnica de pel3cula delgada tienen una mayor eficiencia de conversi3n de energa y una menor huella de carbono en comparaci3n con los paneles solares tradicionales. Estos autores sealan que los paneles solares de t3cnica de pel3cula delgada tambi3n pueden tener un costo de producci3n m3s bajo debido a su capacidad para producirse en grandes cantidades y en un espacio reducido. Sin embargo, destacan que los paneles solares de t3cnica de pel3cula delgada tienen una vida 3til m3s corta y son menos resistentes a condiciones clim3ticas adversas en comparaci3n con otros tipos de paneles solares.

Segun Ahmed et al. (2019), los paneles solares son una tecnologa madura que se ha desarrollado y mejorado significativamente en los 3ltimos aros. Actualmente, los paneles solares son una de las formas m3s eficientes y sostenibles de generaci3n de energa el3ctrica. Los avances en la tecnologa de los paneles solares han mejorado su eficiencia y han permitido una mayor capacidad de producci3n de energa a partir de la



misma cantidad de área de panel. Además, el costo de los paneles solares ha disminuido significativamente en los últimos años, lo que los ha hecho más accesibles y rentables para los consumidores.

En un artículo publicado en 2018, Sharma y Dubey señalan que los paneles solares se han convertido en una tecnología clave para la generación de energía renovable en todo el mundo. Los paneles solares son una fuente de energía limpia y renovable que no emite gases de efecto invernadero ni otros contaminantes. Además, los paneles solares pueden instalarse en una amplia variedad de entornos, lo que los hace muy versátiles. Los avances en la tecnología de los paneles solares, como la optimización de la eficiencia y la disminución de los costos, han llevado a una mayor adopción de la tecnología en todo el mundo.

Según un estudio de investigación publicado en 2021 por Abdelhady et al., los paneles solares son una forma de generación de energía limpia y sostenible que puede reducir significativamente la dependencia de los combustibles fósiles. Los paneles solares son una forma de energía renovable que no produce emisiones de dióxido de carbono ni otros gases de efecto invernadero. Además, los paneles solares pueden instalarse en una variedad de entornos, desde zonas rurales hasta áreas urbanas, lo que los hace muy versátiles. Los avances en la tecnología de los paneles solares, como la optimización de la eficiencia y la disminución de los costos, han llevado a una mayor adopción de la tecnología en todo el mundo.

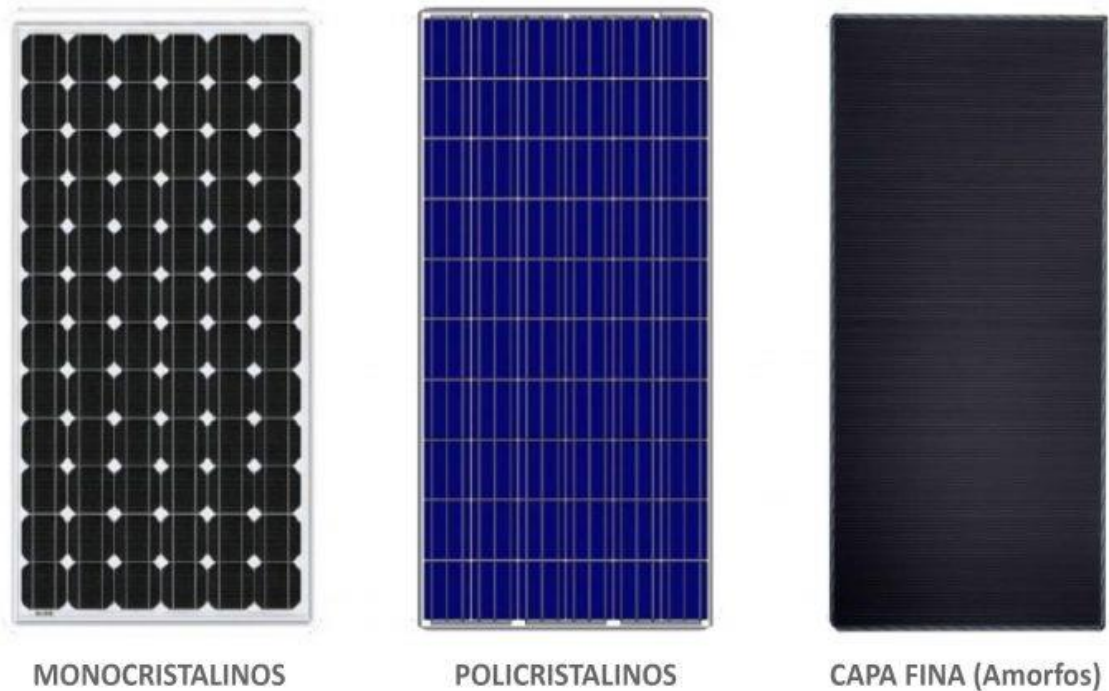


Figura 5: Tipos de paneles solares fotovoltaicos
Fuente: Tritec-intervento.cl

2.2.9. Los componentes

Paneles fotovoltaicos: Son la parte más visible e importante del sistema que convierte la luz solar en electricidad.

Inversor: Convierte la energía de CC generada por los paneles solares en energía de CA para usar en su hogar o edificio.

Baterías: almacenan la electricidad producida durante el día para momentos en los que no hay suficiente luz solar, p. B. por la noche.

Controlador de carga: supervisa el estado de carga de las baterías y evita la sobrecarga o la descarga total.

Arnés de cableado: conecta todos los componentes del sistema y transfiere energía desde los paneles solares al inversor y las baterías.

Soporte para panel solar: sostiene los paneles solares en su lugar y los protege de los elementos.

Monitorización y monitoreo: le permite monitorear el rendimiento del sistema e identificar problemas.

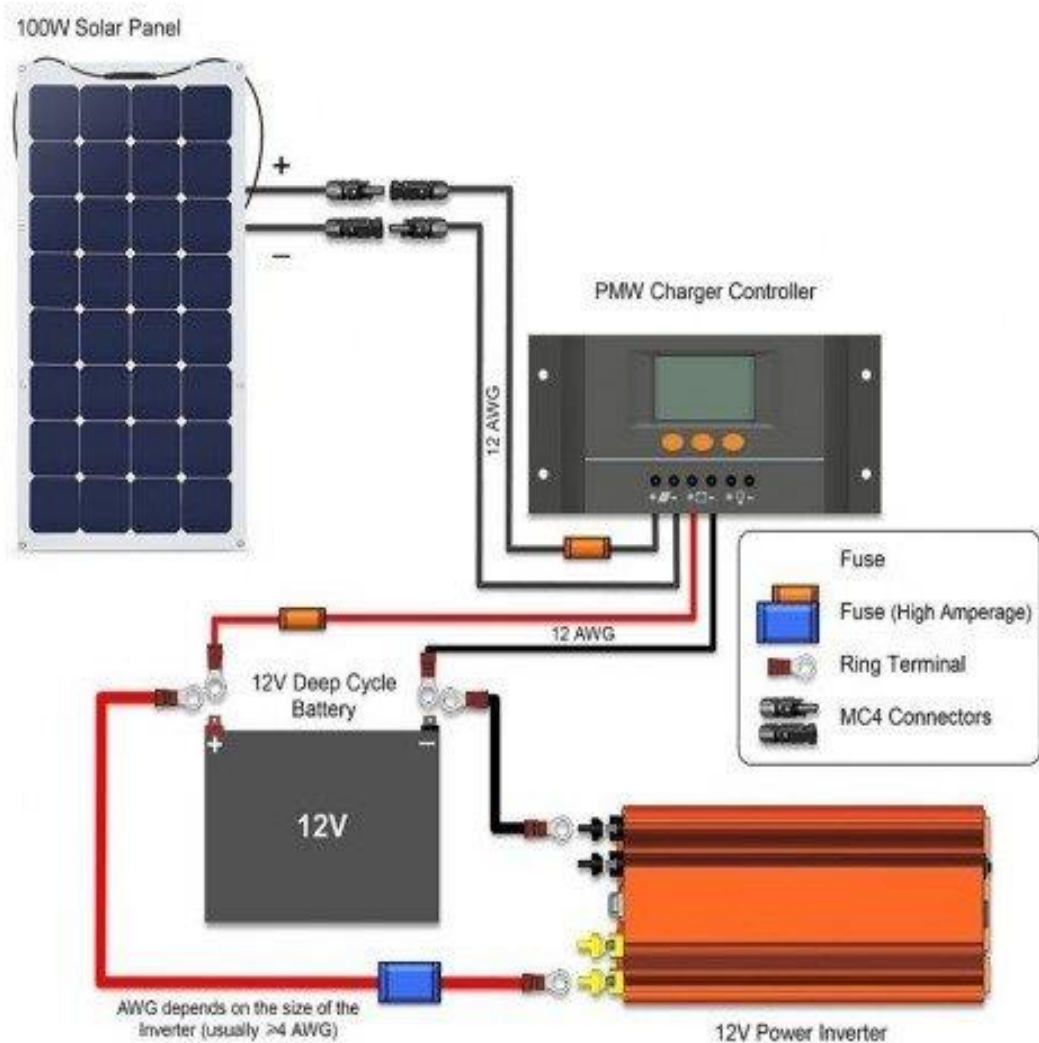


Figura 6: Componentes de un panel solar fotovoltaico
Fuente: Portal energía.com



2.2.10. Efectos del polvo en la eficiencia del panel solar

La acumulación de polvo también puede tener otros efectos negativos en la producción de energía. Según un estudio realizado por Song & Soares (2013), la acumulación de polvo en los paneles solares puede provocar un aumento en la variabilidad de la producción de energía. Esto se debe a que la acumulación de polvo puede provocar sombras en la superficie de los paneles, lo que puede causar una disminución en la cantidad de energía producida en ciertas áreas del panel. Además, la acumulación de polvo puede provocar una distribución desigual de la temperatura en la superficie de los paneles, lo que puede afectar la eficiencia y la durabilidad de los mismos. Por lo tanto, es importante realizar una limpieza regular de los paneles solares para garantizar una producción constante y confiable de energía solar.

Kumar & Kumar (2018), menciona que la acumulación de polvo en los paneles solares también puede tener un impacto negativo en la vida útil de los mismos. La acumulación de polvo puede causar una corrosión en las celdas solares y en otros componentes electrónicos, lo que puede reducir la eficiencia y la durabilidad de los paneles solares. Además, el polvo también puede actuar como un aislante térmico, lo que puede aumentar la temperatura de los paneles y reducir su vida útil. Por lo tanto, la limpieza regular de los paneles solares no solo es importante para mantener su eficiencia, sino también para garantizar su durabilidad a largo plazo.

2.2.11. Limpieza de paneles fotovoltaicos

Actualmente, el método más utilizado para combatir los efectos del polvo en los paneles solares fotovoltaicos es el lavado periódico a mano. Sin embargo, este proceso puede resultar demasiado costoso en términos de mano de obra, también supone un



problema de sostenibilidad, especialmente en zonas desérticas, donde los parques solares son de gran dimensión. M Gostein (2014)

Limpieza con pértiga y agua. En este método, el operador utiliza una pértiga con extremo de cepillo y un dispositivo para inyectar agua a presión. Este es un método con rozamiento.

Limpieza con agua a presión. En este método un tanque de agua de gran capacidad distribuye hasta las filas de los módulos fotovoltaicos para que un operador o un sistema automatizado guie las pistolas de inyección. Se considere un método sin rozamiento.

Limpieza con vapor de agua. Se trata de variante del sistema anterior en el que se prevé un sistema de calefacción para obtener el vapor y una campana para conducir el vapor. Este como el anterior es un método sin rozamiento.

Limpieza por rodillo autopropulsado. Este método de limpieza se trata de un sistema de rodillos acoplados a un dispositivo motorizado, similar a los métodos de limpieza de vehículos en túneles de lavado. Este método es mecanizado y con rozamiento.



Figura 7: Limpieza de paneles solares fotovoltaicas
Fuente: Inntecsol.com

Sin embargo, cada vez se está implementando más el uso de las soluciones robóticas para automatizar los sistemas de limpieza en paneles solares. Estos dispositivos ofrecen numerosas ventajas como la automatización, el ahorro de mano de obra y la posibilidad de trabajar en zonas de peligro o de difícil acceso como los techos en los techos. Así nos permiten tener una mayor producción de energía eléctrica. M Gostein (2014)

Limpieza mecánica automática, en este método un dispositivo automatizado y acoplado a los bordes superiores e inferiores de las estructuras de los paneles va recorriendo y limpiando a través de rodillos las superficies captadoras. Sin embargo, a veces estos dispositivos se ayudan de la fricción con el panel para desplazarse, pudiendo ocasionar daños en las superficies a largo plazo. Este método se considera a veces como semiautomático ya que, una vez el dispositivo ha terminado de limpiar una línea de

módulos, se le debe llevar manualmente al comienzo de otra. Los sistemas completamente automáticos proveen de uno de estos dispositivos por cada fila de módulos.

Limpieza mediante robots, en ellos un robot va recorriendo la superficie de captación de los paneles de forma libre y automática, no es recomendado para paneles con inclinaciones superiores a 45°. Al igual que en el método anterior, se consideran sistemas completamente automáticos cuando existe un dispositivo por, al menos, cada fila de módulos.



Figura 8: Limpieza de paneles solares automáticos
Fuente: Inntecsol.com

2.2.12. Eficiencia energética

La eficiencia energética es una herramienta clave para promover un desarrollo sostenible y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Según el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2019), la implementación de medidas de eficiencia energética puede reducir hasta un 40% las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores residencial, comercial e



industrial. Además, el aumento de la eficiencia energética puede generar beneficios económicos y sociales, como la reducción de los costos energéticos, el aumento de la competitividad y la creación de empleo en el sector de la eficiencia energética.

Por otro lado, según un estudio de McKinsey & Company (2018), la eficiencia energética puede proporcionar ahorros significativos de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que crea oportunidades para nuevas tecnologías y servicios relacionados con la energía. La implementación de medidas de eficiencia energética, como la mejora de la gestión energética, la modernización de equipos y sistemas, y el uso de tecnologías de energía renovable, pueden mejorar significativamente la eficiencia energética en los sectores industrial, residencial y de transporte. En consecuencia, la eficiencia energética puede contribuir a la transición hacia un sistema energético más sostenible y a la reducción de los impactos ambientales y económicos del cambio climático.

2.2.13. Energías limpias

Las energías renovables, también conocidas como energías limpias, son una solución prometedora para combatir el cambio climático y lograr la sostenibilidad energética a largo plazo. Las energías renovables son fuentes de energía que se obtienen a partir de fuentes naturales, como la luz solar, el viento, la biomasa y la energía geotérmica, y no generan emisiones de gases de efecto invernadero ni otros contaminantes dañinos. Su uso ha aumentado significativamente en las últimas décadas debido a la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la calidad del aire y del agua. La transición hacia una economía de energía limpia es un proceso clave para el desarrollo sostenible y el bienestar de la sociedad en su conjunto, y debe ser una



prioridad para los líderes políticos, empresariales y la sociedad en general (Pachauri & Weili, 2018).

2.2.14. Sostenibilidad

El desarrollo sostenible es un tema de gran importancia en la actualidad, ya que busca un equilibrio entre el crecimiento económico y la protección del medio ambiente. Según Cárdenas (2018), el desarrollo sostenible es un concepto que se basa en la utilización racional de los recursos naturales para satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Este enfoque implica un cambio en la manera en que se toman las decisiones, considerando no solo los aspectos económicos sino también los sociales y ambientales.

La idea de sostenibilidad implica una responsabilidad social y ética de las empresas y organizaciones, y no solo una preocupación por el beneficio económico a corto plazo. Según lo mencionado por Cárdenas (2018), es importante que las empresas adopten prácticas sostenibles en su gestión y producción, considerando la reducción de emisiones contaminantes, la eficiencia energética y la protección de los recursos naturales. De esta manera, contribuye a proteger el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas.

2.2.15. Estimación de la potencia nominal

Para calcular la potencia nominal elaborado por J. Garrido 2020 (potencial generado) en un año perfecto sin contaminación. Este proceso tiene en cuenta ciertos pasos sugeridos para la evaluación, mientras que se saltan algunas sugerencias prácticas. Sin embargo, es suficiente tener una comprensión general de la influencia que el sistema y el éxito tienen en la generación de energía. El procedimiento hace uso de una ecuación empírica (llamada Ecuación 1) que describe la correspondencia entre la potencia de salida

en el punto de máxima potencia (P_{dc}), la temperatura del módulo (T_m) y la radiación solar entrante (G) en el suelo.

Además, este procedimiento de cálculo permite determinar la potencia nominal que se podría esperar en un año sin contaminación, es decir, en un escenario en el que no hay ninguna forma de polvo o suciedad que afecte la eficiencia del panel solar. Para hacer esta estimación, se siguen los pasos sugeridos, aunque puede haber algunas recomendaciones instrumentales que se ignoren. Sin embargo, este proceso es suficiente para tener una comprensión clara de cómo el sistema y la presencia de polvo pueden afectar la generación de energía en un panel solar fotovoltaico. La ecuación empírica utilizada describe la relación entre la potencia de salida en el punto de máxima potencia, la temperatura del módulo y la irradiancia incidente en el suelo.

$$P_{DC} = P^*_M * \frac{G}{G^*} (1 + \gamma(T_m - 25^\circ C)) \quad (1)$$

El parámetro G^* representa la cantidad de radiación solar que incide en la superficie bajo condiciones estándar de medida (CEM). γ es un factor que describe cómo la temperatura afecta la generación de energía. La potencia nominal deseada a condiciones CEM se denota como P^*M . Basándose en los valores monitorizados de la cantidad de radiación (G), la temperatura del módulo (T_m) y la potencia generada (P_{dc}), el procedimiento 13 recomienda corregir la temperatura (P_{DC} a $P(G, T \text{ a } 25^\circ C)$) para obtener una estimación más precisa. Esto se logra evaluando la Ecuación (2).

El procedimiento mencionado busca estimar la potencia nominal a las condiciones estándar de medida (CEM) a partir de los valores monitorizados de la irradiancia (G), la temperatura del módulo (T_m) y la potencia de salida (P_{dc}). El procedimiento sugiere corregir la potencia de salida en función de la temperatura a $25^\circ C$, utilizando un

coeficiente de temperatura (γ). La corrección se realiza a través de la ecuación (2), y el resultado final es la potencia nominal (P^*M) a las condiciones CEM.

$$P_{(G,T \rightarrow 25^\circ C)} = \frac{P_{(G.T.m)}}{(1+\gamma(T_m-25^\circ C))} \quad (2)$$

Para obtener una estimación más precisa de la potencia nominal en un entorno de funcionamiento real, se lleva a cabo un ajuste lineal mediante la ecuación (3) en un rango de irradiancia que va desde 800 hasta 1000 W/m². Esto permite ajustar la potencia nominal a las condiciones reales de operación y proporcionar una estimación más precisa de la misma.

$$P_{(G,T \rightarrow 25^\circ C)} = P^*M * \frac{G}{G^*} \quad (3)$$

Durante el primer año de monitoreo, se encontraron pequeñas fluctuaciones en los valores de P^*M . Esto está bien respaldado por la literatura, ya que los módulos individuales en un lote de producción pueden tener ligeras diferencias o variaciones en sus eficiencias. En el segundo año de investigación, se notó una disminución en la potencia nominal debido a la acumulación de polvo, decreciendo alrededor del 30% después de dos meses de exposición. Se determinará posteriormente la magnitud de las pérdidas con el uso del factor de reducción.

Esto se debe a que los módulos individuales de una misma producción pueden tener ligeras diferencias o variaciones en su eficiencia. Sin embargo, durante el segundo año, se observó una disminución en la potencia nominal debido a la acumulación de polvo. Este declive alcanzó una reducción del 30% en torno a dos meses de exposición. En un futuro, se evaluará esta disminución en la potencia utilizando el factor de reducción.
(J. Garrido 2020)

2.2.16. Factor de reducción, η_{polvo}

El cálculo de la potencia nominal es útil para tener una idea general de cómo se encuentra el sistema de producción de energía, pero no proporciona información detallada sobre el impacto del polvo. Para determinar este efecto, es necesario identificar un factor que refleje la disminución de la producción de energía y se evaluará más adelante mediante la ecuación (1).

$$P_{DC} = P^*_M * \eta * \frac{G}{G^*} (1 + \gamma(T_m - 25^\circ C)) \quad (4)$$

Donde $\eta = \eta_{tiempo} \cdot \eta_{sombra} \cdot \eta_{polvo}$ es el factor de reducción lo cual depende de los factores que afectan la producción de energía, tales como el tiempo, la sombra y el polvo. El factor de reducción relacionado con el polvo es especialmente importante para el modelado del polvo. La ecuación (5) se utiliza para calcular la energía producida en un día basándose en este factor de reducción.

$$\eta_{polvo} = \frac{E_{polvo}}{E_{limpio}}; \quad (5)$$

$$E_t = \int_{t_{inicial}}^{t_{inicial} + \Delta t} P_{dc} dt \quad (6)$$

En la figura se muestra la zona que se tomó en cuenta para calcular la energía que produce el sistema en un tiempo determinado, es decir, E. Para no incluir los efectos de las sombras, se midieron solo las irradiancias que superan los 800 w/m². La figura muestra que, a pesar de tener las mismas condiciones de funcionamiento, la potencia de salida tiene pequeñas diferencias. Para normalizar los tres strings, se calculó un factor de corrección ($K = E_i/E_3$) para los strings 1 y 2. Se puede ver los valores de K para cada día con cielo despejado. En la parte superior del gráfico, se muestra la distribución normal de



este parámetro con una media y una desviación estándar calculadas ($K1=0.982 \pm 0.016$ y $K2=0.943 \pm 0.015$).

Los valores obtenidos para el factor de corrección están dentro del rango normal. Considerando que el string 1 es el que experimenta la acumulación de polvo, se utiliza la ecuación (5) para calcular el factor de reducción debido a este efecto.

Se analizó la relación entre la temperatura máxima y la potencia eléctrica generada máxima en un día en función de diferentes grosores de polvo. Esto permitió conocer cómo la cantidad de polvo afecta a la temperatura y la producción de energía eléctrica en un día dado. Por esto es importante porque el polvo puede afectar negativamente el rendimiento y la eficiencia de un sistema y es necesario entender cómo varía su efecto en diferentes situaciones.

Se analizó la relación entre la temperatura máxima y la potencia eléctrica generada máxima en un día en función de diferentes grosores de polvo. Esto permitió conocer cómo la cantidad de polvo afecta a la temperatura y la producción de energía eléctrica en un día dado. Por esto es importante porque el polvo puede afectar negativamente el rendimiento y la eficiencia de un sistema y es necesario entender cómo varía su efecto en diferentes situaciones. (J. Garrido 2020).

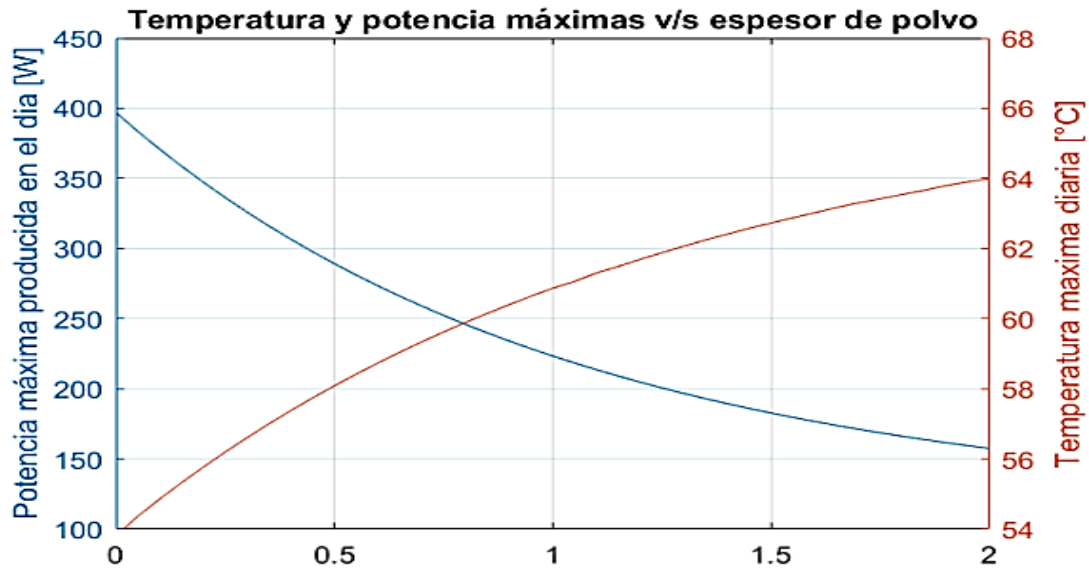


Figura 9: Temperatura y potencia máxima v/s espesor de polvo.
Fuente: J. Garrido 2020

Se hizo un análisis de los datos para encontrar la ecuación que mejor describa la relación entre la temperatura máxima y la potencia eléctrica generada máxima en un día con diferentes espesores de polvo tipo 5. Esta relación se visualiza en la figura 5 y se utilizó la técnica de regresión para encontrar la ecuación que mejor se ajuste a los datos.

$$P_{max} = 0,1333 \cdot esp^2 - 11,251 \cdot esp + 400,44 \quad (5.7)$$

$$T_{max} = -0,0048 \cdot esp^2 + 0,4458 \cdot esp + 53,643 \quad (5.8)$$

Se analizó el impacto que tiene la cantidad de polvo en la potencia eléctrica máxima generada por un panel en un día determinado. Se midió la temperatura del panel en el momento en que se generó la máxima potencia eléctrica para diferentes espesores de polvo. Los resultados se graficaron para determinar la relación entre la temperatura y la potencia eléctrica generada en función de la cantidad de polvo.

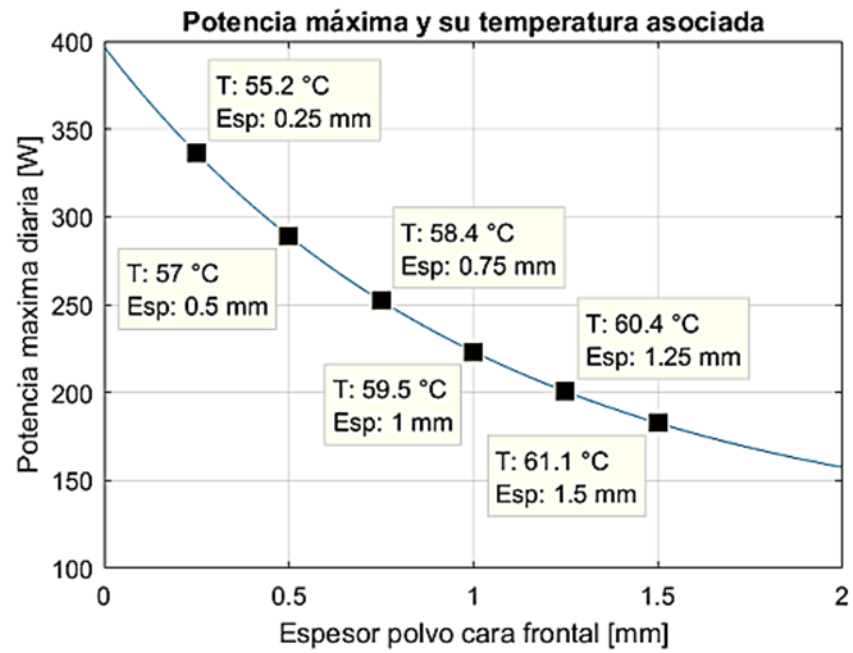


Figura 10: Temperatura de potencia máxima v/s espesor de polvo
Fuente: J. Garrido 2020

la influencia del polvo es relevante, Además, se evalúan las pérdidas eléctricas tanto absolutas como relativas que resultan por la temperatura de este mismo.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de estudio

Este estudio se clasifica como aplicado según la definición dada por Hernández & Baptista (2014), quienes lo describen como aquel que busca resolver un problema específico en una situación concreta, con un enfoque práctico y utilitario. En este sentido, el presente trabajo se busca analizar el efecto que produce el material particulado sobre la superficie de los paneles fotovoltaicos, por lo que se determinará una de las principales causas que ocasiona el efecto de pérdida de captación energética (Patra et al., 2016).

3.1.2. Diseño de estudio

Corresponde al diseño experimental porque se manipularon las variables con el fin de obtener resultados y desarrollarlas en un módulo de Energía renovable de 150W de potencia con panel fotovoltaico mono cristalino.

3.2. NIVEL Y METODOS DE INVESTIGACION

3.2.1. Nivel de Investigación descriptivo

El estudio tiene un alcance explicativo porque permite establecer causa – efecto entre sus variables, son más profundas y estructuradas a diferente de los alcances previos (Sampieri, 2018) Asimismo, se considera evaluatoria el nivel del presente estudio, ya que más que buscar la relación o correlación entre las variables de estudio, se desea encontrar y analizar la reacción que ocurre al modificar el valor de las variables controlables, para



mejorar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos ya que se pretende promover la instalación y óptimo funcionamiento de este tipo de energías renovables.

3.2.2. Métodos de investigación

Principalmente se utilizó el método científico que consiste en el tratamiento crítico, reflexivo y sistemático de una realidad concreta con el fin de obtener resultados relevantes para solucionar un problema. Como métodos particulares se harán uso del hipotético-deductivo, los métodos analítico y sintético además del observacional y estadístico (Carrasco, 2015).

3.3. MUESTRA Y POBLACION DE ESTUDIO

Con respecto a la población y muestra, en este estudio se ha considerado a los paneles solares monocristalinos.

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1. Instrumentos de Recopilación de Datos

Los instrumentos de recojo de información corresponden a los artículos científicos, libro y revistas. El presente estudio se aplicarán estímulos e intervenciones al módulo fotovoltaico para analizar el material particulado (polvo) y evaluar su eficiencia energética del mismo, por lo que se aplicarán parámetros experimentales a la variable independiente, en este caso el material polvo depositado en la superficie será retirado para evaluar la diferencia de potencia energética existente entre el panel fotovoltaico limpio y el panel fotovoltaico con polvo. Por otro lado, la medida de la potencia de entrada (kWh) estará determinado por el valor máximo diario de irradiancia en la región de Puno distrito de Huancané, Centro poblado de Cuyuraya ubicado en la provincia de Huancané, Después, se medirá el efecto el polvo que causa en la eficiencia en la producción de la energía eléctrica.

3.4.2. Procedimientos de Análisis de Datos



Figura 11: Modulo solar fotovoltaico con polvo
Elaboración propia

Nota: De la figura 11 podemos observar un módulo solar fotovoltaico para un sistema de bombeo de agua. Del cual se tomó una celda de 150w para los fines experimentales en presente estudio.

Tabla 1: Características del panel

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD
Máxima Potencia	150W
Voltaje de Máxima Potencia	22,32 V
Voltaje de circuito Abierto	18,22 V
Corriente de Máxima potencia	8,75 A
Corriente de Corto Circuito	8,23 A
Rango de tolerancia de potencia	+ -3%
Tensión máxima del sistema DC	1000 V
Resistencia al viento	2400pa
Peso	12.5 kg
Dimensiones	1480x670x35mm
Dimensiones de las celdas	156x156mm
Coefficiente de Temperatura para la potencia γ	-0,24% / °C

Elaboración propia

Se pretende evaluar la eficiencia de un panel solar fotovoltaico y conocer cómo es que el material particulado (polvo) influye en la eficiencia de un módulo fotovoltaico. Por lo tanto, al instalar un registrador de datos, se pueden medir y almacenar datos como voltaje, corriente y potencia de salida con el objetivo de determinar la caída potencial y el factor de carga a lo largo del tiempo, lo que afecta la cantidad de polvo depositado por el área de la superficie del módulo fotovoltaico componente lo cual influye en la pérdida de eficiencia del panel fotovoltaico. Estos datos serán analizados con un área de superficie constante de panel fotovoltaico cuyas dimensiones son 1480x670x35mm.

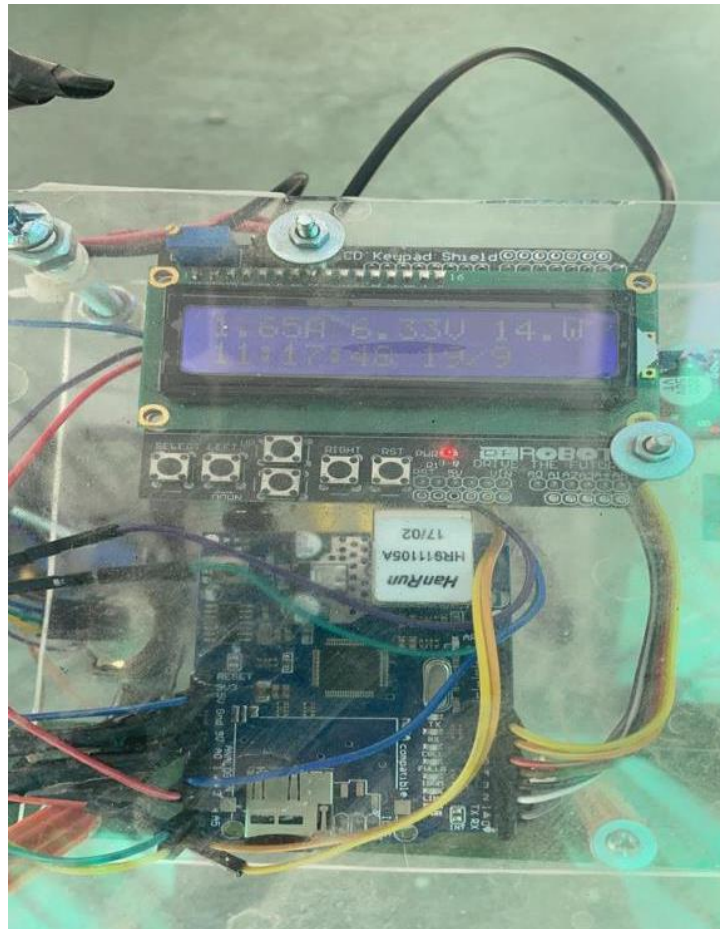


Figura 12: Data logger instalado en el panel solar fotovoltaico
Elaboración propia

Para calcular la eficiencia energética se tomaron muestras bajo dos escenarios diferentes: paneles fotovoltaicos con superficie polvorienta y paneles fotovoltaicos con superficie limpia, ambos dejados al aire libre durante varias semanas. Los datos recopilados durante estas semanas se analizarán estadísticamente mediante una ecuación cuadrática, lo que permitirá observar diferencias en la eficiencia del panel cuando la superficie está limpia versus cuando la superficie está polvorienta. Cabe mencionar que los datos recopilados se han tomado en el intervalo horario de 6:00 AM a 5:00 PM.

Se realizaron las pruebas de funcionamiento de la celda solar monocristalino bajo las condiciones ambientales que encontramos en el CP de Cuyuraya, el data logger obtuvo el valor total de la producción de energía generada durante un día 1220.67Kw/h



Figura 13: Celda fotovoltaica con limpieza periódica
Elaboración propia

Por otro lado, para demostrar la disminución de la eficiencia debido a la cantidad de polvo depositado (mm), el análisis de los datos se realizó mediante un modelo exponencial decreciente, ya que esta función es la que más se acerca al comportamiento real de los resultados. estar en la variable independiente de las partículas (X) Densidad Establecer una relación entre ellas, la unidad es milímetros. y la variable (Y) eficiencia energética del panel fotovoltaico medida en porcentaje. A continuación, se muestran las ecuaciones que describen las características del modelo exponencial:

$$f(x) = ae^{-bx} + c$$



Asimismo, se detalla el cálculo de coeficiente de determinación exponencial (r^2):

$$r^2 = \frac{\log b \sum X \log Y + \log a \sum \log Y - n(\log \bar{Y})^2}{\sum (\log Y)^2 - n(\log \bar{Y})^2}$$

Donde:

a, b = Constantes

c = Asíntota Horizontal

X = Densidad de Material Particulado (g/m²)

f(x) = Y = Eficiencia Energética del Panel Fotovoltaico

3.4.3. Técnica de equipos experimentales

Los equipos para la siguiente investigación experimentales son los siguientes:

- Panel fotovoltaico monocristalino 150w
- Batería
- Controlar de carga
- Módulo de regulador de voltaje
- Cable jumper hembra-macho
- Solar Power Meter
- Multímetro Digital AC/DC



Figura 14: Medidor de energía solar (solar power meter)
Elaboración propia

3.4.4. Consideraciones de la limpieza óptima de los paneles solares

La eliminación del polvo de los paneles fotovoltaicos es crucial para lograr la máxima eficiencia en la generación de energía. Para asegurar el mejor rendimiento de los paneles, es necesario considerar sus dimensiones, ángulo de inclinación y exposición al sol. La pendiente del techo de la vivienda también es importante, ya que influye en la cantidad de luz solar que llega al panel y, por tanto, en su capacidad de producción energética. Por lo tanto, al tomar decisiones sobre la ubicación y diseño de los paneles fotovoltaicos, se deben considerar estos factores. La metodología para la eliminación del polvo de los paneles fotovoltaicos puede estructurarse de diversas maneras.

La metodología para eliminar el polvo de los paneles fotovoltaicos se puede estructurar de la siguiente manera:



- **Evaluación:** Se debe realizar una evaluación exhaustiva de los paneles fotovoltaicos para determinar sus dimensiones, tamaño y superficie. Esto permitirá saber qué herramientas y productos de limpieza son necesarios para realizar la limpieza de los paneles.
- **Selección de materiales:** Es importante seleccionar los materiales adecuados para la limpieza de los paneles fotovoltaicos, como productos de limpieza, herramientas de limpieza, guantes y gafas de seguridad. Además, se deben utilizar productos de limpieza específicos para la eliminación de polvo y suciedad sin dañar los paneles.
- **Preparación:** Antes de iniciar el proceso de limpieza, es importante asegurarse de que los componentes electrónicos alrededor de los paneles fotovoltaicos estén protegidos y de que no haya corriente eléctrica. De lo contrario, puede haber riesgo de electrocución.
- **Limpieza:** La limpieza de los paneles fotovoltaicos debe realizarse de manera meticulosa para garantizar la eliminación completa del polvo y la suciedad. Se recomienda utilizar un cepillo suave y un producto de limpieza específico para fotovoltaicos para no dañar la superficie de los paneles.
- **Verificación:** Una vez finalizada la limpieza, se debe realizar una verificación de los paneles fotovoltaicos para asegurarse de que han quedado completamente limpios y sin polvo o suciedad. También se debe verificar que no se hayan dañado los paneles durante el proceso de limpieza.
- **Mantenimiento:** Para garantizar el rendimiento y la eficiencia de los paneles fotovoltaicos, se deben programar inspecciones y limpiezas periódicas. Esto asegurará que los paneles estén siempre en óptimas condiciones y produzcan la máxima energía posible.



Así mismo, para ejecutar la limpieza en seco se utilizarán cepillos giratorios de pesos mínimos para evitar daños en la superficie de los paneles.

La limpieza en seco es una técnica que se utiliza para eliminar el polvo de los paneles fotovoltaicos sin utilizar agua. Para llevar a cabo esta tarea, es necesario contar con un equipo especializado que tenga cepillos giratorios de pesos mínimos y que permita una rotación suave y controlada. De esta forma, se evita dañar la superficie del panel y se logra una limpieza efectiva sin comprometer su eficiencia y producción de energía a largo plazo. Al realizar la limpieza de los paneles fotovoltaicos es importante considerar cuidadosamente los aspectos mencionados para evitar cualquier daño en los paneles durante el proceso de limpieza como:

- Tipo de suciedad: es importante identificar el tipo de suciedad presente en la superficie de los paneles para seleccionar los productos y herramientas adecuados para su eliminación.
- Condiciones climáticas: se debe esperar a que la superficie esté seca y no haya lluvia prevista en el corto plazo para evitar que la suciedad se adhiera nuevamente a los paneles.
- Material de los paneles: se deben conocer las características y propiedades de los paneles para seleccionar los productos y herramientas adecuados y evitar dañar la superficie durante la limpieza.
- Equipo y herramientas de limpieza: se deben utilizar cepillos giratorios de pesos mínimos y productos de limpieza específicos para evitar dañar la superficie de los paneles y maximizar la eficacia de la limpieza.
- Seguridad: se deben tener en cuenta las medidas de seguridad necesarias para evitar riesgos durante el proceso de limpieza.



- Frecuencia de limpieza: dependiendo de la ubicación y condiciones climáticas, puede ser necesario limpiar con más o menos frecuencia para mantener la eficiencia de los paneles y prolongar su vida útil. Para la limpieza, se tendrá en cuenta lo siguiente:
 - Ligereza: el prototipo debe ser lo suficientemente liviano para reducir el consumo total de energía, ya que esto puede afectar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos.
 - Adaptabilidad: el diseño debe ser fácilmente adaptable a diferentes tamaños de paneles fotovoltaicos, para poder utilizarlo en diversas instalaciones.
 - Cepillos giratorios: el prototipo debe contar con cepillos giratorios diseñados para una fácil adaptación al prototipo, garantizando así una limpieza efectiva sin dañar la superficie de los paneles.

En base a los métodos y análisis planificados se determinará si las hipótesis propuestas por los autores de este estudio son verdaderas o falsas.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultado de la Irradiación solar

La irradiación solar en estos tiempos presenta una considerable elevación en el departamento de Puno, esto es variable a lo largo del año por las estaciones. En la siguiente tabla se muestra la medición de la irradiancia solar en un día. No obstante, en los días soleados la irradiación solar presenta en curva con un pico máximo de 1260.43W/m².

Tabla 2: Datos de la irradiancia solar

Datos	Hora	Irradiación solar
1	06:00:00	17.52W/m ²
2	07:00:00	326.63W/m ²
3	08:00:00	643.56W/m ²
4	09:00:00	866.93W/m ²
5	10:00:00	1087.42W/m ²
6	11:00:00	1209.67W/m ²
7	12:00:00	1260.43W/m ²
8	13:00:00	1181.77W/m ²
9	14:00:00	910.72W/m ²
10	15:00:00	552.96W/m ²
11	16:00:00	262.32W/m ²
12	17:00:00	20.67W/m ²

Elaboración propia

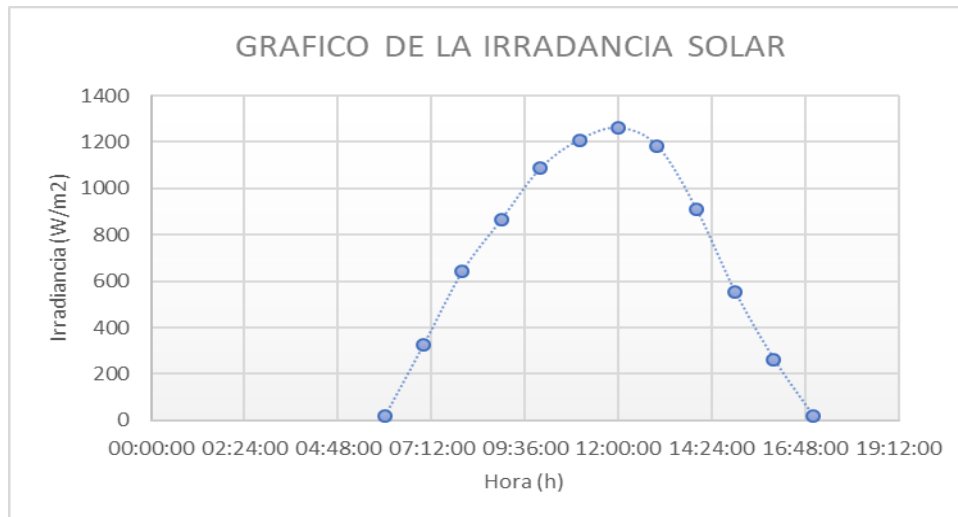


Figura 15: Irradiancia solar registrada
Elaboración propia

Interpretación: Del gráfico se puede observar un día soleado y la irradiación solar presenta en curva con un pico máximo de 1260.43W/m² y un mínimo de 17.52W/m². Los datos tomados son con el cielo totalmente despejado y sin la influencia de alguna sombra, nubes o condiciones ambientales adversas en lo que la producción energética en los paneles solares monocristalinos sea el máximo valor generada al día.

4.1.2. Eficiencia energética por la influencia del polvo

En esta condición se evalúa la eficiencia de la celda solar monocristalino de 150W por la influencia de polvo y se tomaron los valores de rendimiento obtenidos del panel, batería y la carga máxima.

Tabla 3: Datos de la eficiencia del panel solar sin la influencia del polvo

Panel			batería		carga	
tensión (V)	corriente (I)	potencia (W)	tensión (V)	corriente (A)	corriente (A)	potencia (w)
18.2	6.73	122.46	13.75	3.12	6.73	118
18.21	6.85	124.65	13.75	4.43	6.85	120.12
17.87	7.17	128.2	13.78	4.32	7.17	123.53
18.4	6.94	127.64	13.79	4.56	6.94	121.68
18.13	7.19	130.28	13.8	4.58	7.19	123.5

Elaboración propia

Interpretación: durante la recolección de estos datos se evaluó con una irradiancia solar máxima de 1260.43W/m², y se determinó la eficiencia de producción energética. La corriente de cortocircuito, el voltaje de circuito abierto y la potencia máxima alcanza a 130W, corriente de la batería máxima 4.58A y la tensión 13.8V. estos datos corresponden a condiciones óptimas y eficientes del panel solar.

Tabla 4: Datos de la eficiencia del panel solar con la influencia del polvo

panel			batería		carga	
tensión (V)	corriente (I)	potencia (W)	tensión (V)	corriente (A)	corriente (A)	potencia (w)
16	6.16	98.63	13.55	3.1	4.98	80.65
17.3	5.98	103.53	13.53	3.54	5.2	84.84
17.42	6.52	113.61	13.5	3.62	5.35	87.42
16.56	7.38	122.24	13.58	3.7	6.2	95.67
17.32	7.35	127.31	13.7	3.78	6.82	98.65

Elaboración propia

Interpretación: los datos tomados por la influencia del polvo, la reducción de la producción energética es significativa frente a los datos tomados de un panel limpio. Se evaluó que la pérdida de la energía por la influencia del polvo en el panel es del 12%, mientras, La corriente de cortocircuito en la batería es más relevante con un 18.4%, y el voltaje se redujo en un 1.5%. dado estos resultados demuestran la necesidad de tener un plan de mantenimiento que contemple una limpieza periódica en los paneles solares monocristalinos, con el fin de reducir la influencia en la producción energética

4.1.3. Transferencia energética bajo 0,25mm de espesor

Tabla 5: Variación de potencia de un panel sin polvo V/S con polvo

Hora	Sin polvo	Con polvo	Diferencia porcentual
07:00:00	90.03W	73.63W	18.2%
08:00:00	112.65W	97.46W	13.5%
09:00:00	124.58W	117.51W	5.7%
10:00:00	127.64W	122.24W	4.2%
11:00:00	130.28W	127.31W	2.3%
12:00:00	135.57W	132.92W	2.0%
13:00:00	138.84W	134.82W	2.9%
14:00:00	132.36W	128.35W	3.0%
15:00:00	123.69W	114.72W	7.3%
16:00:00	105.03W	79.56W	24.3%

Elaboración propia

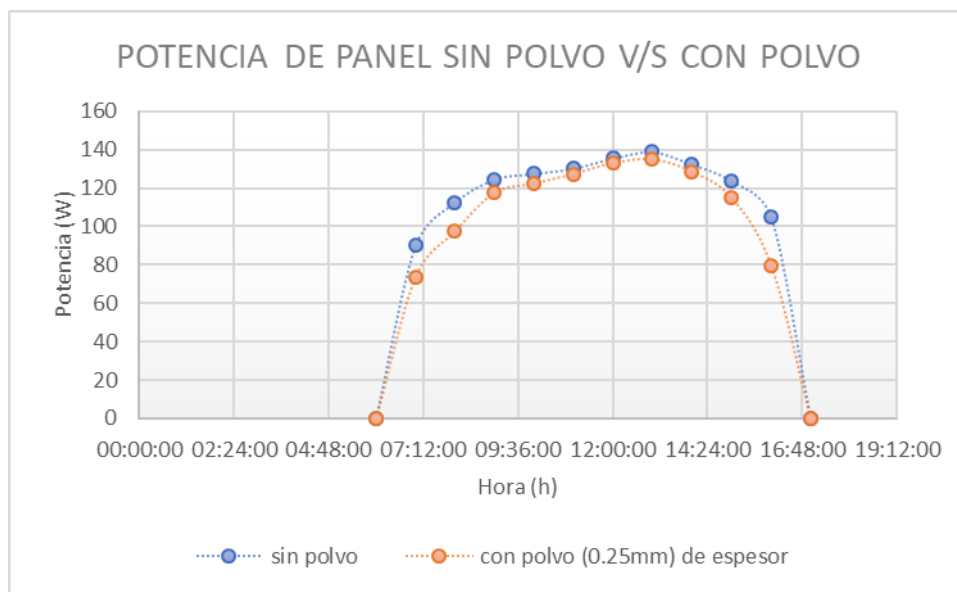


Figura 16: Perdida por polvo 0.25mm.
Elaboración propia

Interpretación: Del grafico se puede observar que la potencia más alta registrada es a las 13:00 horas. Por otro lado, La pérdida absoluta de energía producida en paneles solares monocristalinos puede alcanzar hasta 7.5% respecto a la cantidad total de energía producida por el panel solar monocristalina, debido a la presencia de polvo con un espesor

de 0.25mm. Las pérdidas son importantes para evaluar el rendimiento de los paneles solares monocristalinos y para tomar medidas para mejorar su eficiencia.

4.1.4. Transferencia energética bajo 0.39mm de espesor.

Tabla 6: Variación de potencia de un panel sin polvo V/S con polvo

Hora	Sin polvo	Con polvo	Diferencia porcentual
07:00:00	90.03W	58.65W	34.9%
08:00:00	112.65W	62.84W	44.2%
09:00:00	124.58W	81.42W	34.6%
10:00:00	127.64W	92.67W	27.4%
11:00:00	130.28W	98.65W	24.3%
12:00:00	135.57W	105.27W	22.4%
13:00:00	138.84W	107.63W	22.5%
14:00:00	132.36W	104.92W	20.7%
15:00:00	123.69W	93.42W	24.5%
16:00:00	105.03W	72.02W	31.4%

Elaboración propia

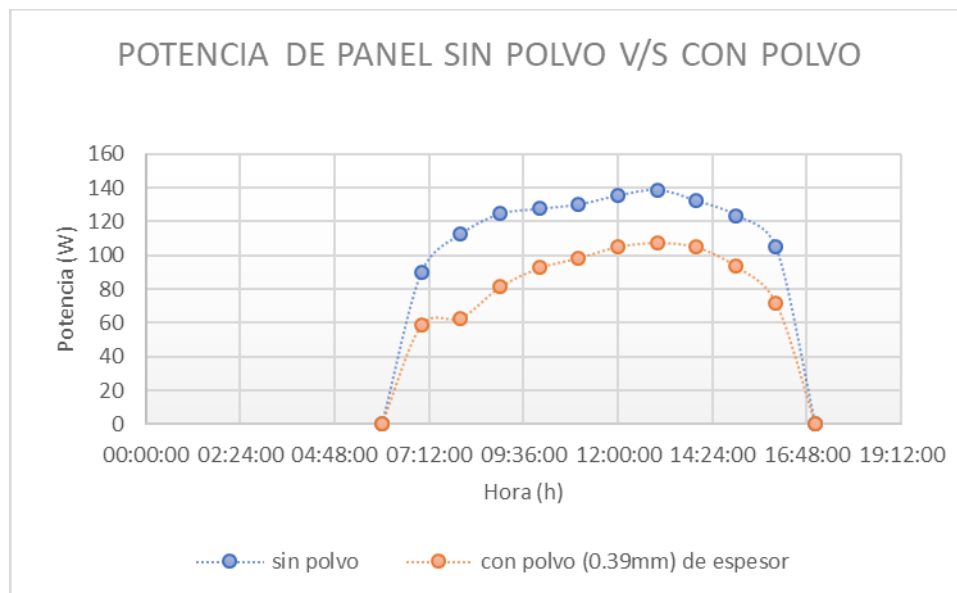


Figura 17: perdida por polvo 0.39mm.

Elaboración propia

Interpretación: Del gráfico se puede observar que la potencia más alta registrada es a las 13:00 horas. Por otro lado, La pérdida absoluta de energía producida en paneles solares monocristalinos puede alcanzar hasta 28.1% respecto a la cantidad total de energía producida por el panel solar monocristalina, debido a la presencia de polvo con un espesor de 0.39mm. Las pérdidas son importantes para evaluar el rendimiento de los paneles solares monocristalinos y para tomar medidas para mejorar su eficiencia.

4.1.5. Transferencia energética bajo 0.65mm de espesor

Tabla 7: Variación de potencia de un panel sin polvo V/S con polvo

hora	sin polvo	con polvo	diferencia porcentual
07:00:00	90.03W	2.16W	97.6%
08:00:00	112.65W	18.32W	83.7%
09:00:00	124.58W	35.28W	71.7%
10:00:00	127.64W	46.73W	63.4%
11:00:00	130.28W	49.41W	62.1%
12:00:00	135.57W	52.42W	61.3%
13:00:00	138.84W	52.78W	62.0%
14:00:00	132.36W	46.38W	65.0%
15:00:00	123.69W	37.62W	69.6%
16:00:00	105.03W	14.83W	85.9%

Elaboración propia

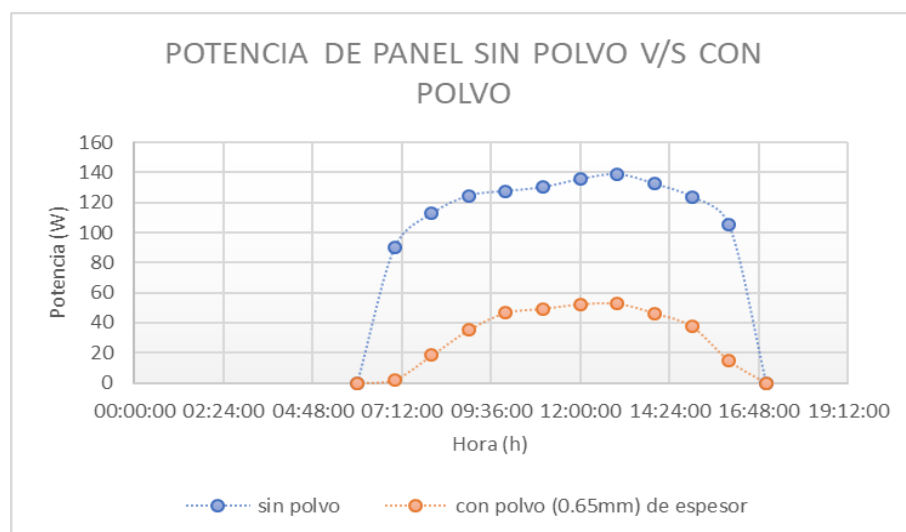


Figura 18: Perdida por polvo 0.65mm.
Elaboración propia



Interpretación: Del gráfico se puede observar que la potencia más alta registrada es a las 13:00 horas. Por otro lado, La pérdida absoluta de energía producida en paneles solares monocristalinos puede alcanzar hasta 70.8% respecto a la cantidad total de energía producida por el panel solar monocristalina, debido a la presencia de polvo con un espesor de 0.65mm. Las pérdidas son importantes para evaluar el rendimiento de los paneles solares monocristalinos y para tomar medidas para mejorar su eficiencia.

4.2. DISCUSIÓN

En primer lugar, la investigación de Renzo Ht. (2022) demostró que el almacenamiento de partículas de polvo deteriora el rendimiento de los paneles solares fotovoltaicos y resulta en pérdida apreciable en la producción energética debido a los efectos de dispersión de la irradiación solar en la superficie del panel solar. Los resultados de esta tesis concuerdan con esta conclusión, ya que se pudo observar que la acumulación de polvo en la superficie del panel solar fotovoltaico bloquea la entrada de luz solar al módulo fotovoltaico. Esto evidencia que la luz solar es reflejada y dispersada. Por ende, disminuye la producción energética.

Por otro lado, la investigación de Acosta & Rodríguez et al. (2022) Los resultados mostraron que existe una reducción de eficiencia total promedio de 60.6% debido a una tasa de deposición de 35 g/m² en la superficie del panel fotovoltaico analizado experimentalmente. Por lo tanto, los resultados muestran que la presencia de material particulado en el departamento de Arequipa impactará en el desempeño energético del panel fotovoltaico, por ende, no podría existir una óptima utilización. Los resultados encontrados de las investigaciones guardan relación con el presente estudio, la influencia de tres distintos espesores de polvo acumulado en los paneles solares fotovoltaicos monocristalinos, tales como 0.25mm, 0.39mm y 0.65mm de espesor de acumulación de



polvo, las pérdidas absolutas pueden alcanzar hasta 7.5%, 28.1% y 78.8% respecto a la cantidad total de la energía producida. por ejemplo, el trabajo realizado por (Abderrezek & Fathi, 2017) demuestra que existe una variación del factor de llenado de su sistema en aproximadamente 10.34% debido a cierta deposición de material particulado en la superficie del panel fotovoltaico. Por otro lado, una publicación científica (Du et al., 2019) comenta en sus resultados una variación de factor de carga de 14.45% a causa de una tasa de deposición de 80 g/m² de material particulado depositado sobre la superficie del panel fotovoltaico. Esta comparación intuye en la comprobación de que el polvo material depositado sobre la superficie de los paneles solares influye absolutamente en la eficiencia de la generación de energía eléctrica.

Asimismo, la investigación de Marcos N. (2014) concluyó que cuanto más largo es el tiempo de exposición sin limpieza mayor será la pérdida de la producción energética en los paneles fotovoltaicos. En este estudio se pudo observar que la limpieza periódica sobre la superficie de los paneles solares mejora significativamente la eficiencia en la producción energética. Esto sugiere que la implementación de la limpieza es una alternativa viable, por ende, disminuir la adhesión superficial de la capa de polvo.

En general, los resultados de esta tesis son consistentes con los antecedentes presentados, Se debe buscar más alternativas que sean factibles económicamente para la limpieza de los paneles solares monocristalinos en la región, ya que al no tener una limpieza periódica la eficiencia de estos se reduce en puntos porcentuales significativas.



V. CONCLUSIONES

La presencia de polvo en los paneles solares monocristalinos tiene un impacto significativo en su eficiencia energética. Los paneles solares pierden hasta un 28.1% de la energía total producida debido al depósito de 0.39mm de espesor de polvo, lo que disminuye su capacidad de producción de energía eléctrica. Además, la pérdida absoluta y relativa de energía producida por los paneles solares se ve afectada por la presencia de polvo. Es importante monitorear la cantidad de polvo en los paneles y realizar mantenimiento regularmente para mantener su eficiencia y aumentar su vida útil.

La eficiencia de los paneles solares monocristalinos se reduce significativamente por la influencia del polvo que se acumula sobre sus superficies. Los resultados indican que la eficiencia disminuye en promedio un 7.5% al acumularse 0.25mm de polvo sobre el panel, y una pérdida de eficiencia del 78.8% con la acumulación de 0.65mm de polvo. Esto evidencia la importancia de mantener limpios los paneles para garantizar su máximo rendimiento y eficiencia.

Se pudo estudiar los efectos del polvo sobre módulos solares fotovoltaicos monocristalinos, donde se mostró que la deposición de la suciedad y polvo afecta en el rendimiento a los sistemas de generación, el cual es un factor importante cuando se quiere instalar sistema de panel fotovoltaico.



VI. RECOMENDACIONES

Es recomendable establecer un programa de mantenimiento regular para la limpieza de los paneles solares, con el fin de minimizar la acumulación de polvo y mantener la eficiencia energética de los mismos. La frecuencia del mantenimiento dependerá del nivel de acumulación de polvo en la zona en la que se encuentren los paneles, según lo determinado por el espesor de polvo que afecta la eficiencia energética.

Es importante considerar los efectos del polvo en el diseño y la ubicación de los paneles solares. Los paneles solares monocristalinos son particularmente sensibles a la acumulación de polvo, por lo que se recomienda elegir una ubicación con un menor nivel de acumulación de polvo. Además, se debe considerar el impacto del ángulo de inclinación y la orientación de los paneles solares en la acumulación de polvo y la transferencia de calor.

Se sugiere continuar investigando en la caracterización de los efectos del polvo en la eficiencia energética de los paneles solares y la transferencia de calor. Esto podría incluir estudios de diferentes tipos de polvo, condiciones climáticas y ubicaciones geográficas, con el fin de comprender mejor cómo la acumulación de polvo afecta la eficiencia energética de los paneles solares y cómo esto puede ser mitigado en futuros diseños. Además, se podría explorar la utilización de nuevos materiales y tecnologías para reducir el impacto del polvo en la eficiencia de los paneles solares.



VII. REFERENCIAS Y BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelhady, S. A., Abdelsalam, A. K., & Mohamed, E. A. (2021). Analysis of photovoltaic solar energy in Egypt: An overview. *Renewable Energy*, 172, 1264-1279. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.081>
- Acosta, Alejandro & rodriguez jose (2022) análisis del impacto ocasionado por el material particulado en el desempeño energético de paneles fotovoltaicos en zonas cercanas a operaciones mineras.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11975>
- Arash Sayyah, Marcos N. Horenstein, Malayo K. Mazumder (2014) Pérdida de rendimiento energético causada por la deposición de polvo en los paneles fotovoltaicos <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.05.030>
- Ahmed, S., Saha, S., & Rakib, M. R. (2019). Recent advancements and future prospects of solar photovoltaic technology. *Renewable Energy*, 139, 1045-1055. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.001>
- Alotaibi, M. F., Alzahrani, A. A., & Mohamed, A. M. A. (2021). Performance evaluation of photovoltaic systems under different climate conditions. *International Journal of Energy Research*, 45(7), 10756-10773. <https://doi.org/10.1002/er.6426>
- Angulo Abanto, J. R., Calsi Silva, B. X., Alfaro Collazos, E. F., Conde Mendoza, L. Á., Muñoz Cerón, E., Grieseler, R., Guerra Torres, J. A., Palomino Töfflinger, J. A., Espinoza Paredes, R. L., & De la Casa Higuera, J. (2020). Estudio del efecto del polvo y estimación de la potencia nominal en un string fotovoltaico. *Revista TECNIA*, 30(1), 27–33. <https://doi.org/10.21754/tecnia.v30i1.832>
- Cai, S., Bao, G., Ma, X., Wu, W., Bian, G.-B., Rodrigues, J. J. P. C., & de Albuquerque, V. H. C. (2019). Parameters optimization of the dust absorbing structure for photovoltaic panel cleaning robot based on orthogonal experiment method. *Journal of Cleaner Production*, 217, 724–731. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.135>



- Cárdenas, D. A. (2018). Desarrollo sostenible: Retos y oportunidades para Colombia. Cuadernos De Administración, 31(57), 1-10. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao31-57.dsrc>
- de F. & Zúñiga B. M. Vásquez L, C. (2015). Proyecto de Prefactibilidad para la Implementación de Energía Solar Fotovoltaica y Térmica en el Campamento Minero Comihuasa [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/593339/TESIS+FINAL.pdf?sequence=1>
- Du, C., Zhou, Y., & Lu, L. (2020). A review of photovoltaic materials: Design, efficiency improvement, and degradation mechanisms. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 127, 109893. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109893>
- EPA. (2023). Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Usa.gov. <https://www.usa.gov/espanol/agencias-federales/agencia-de-proteccion-ambiental-de-estados-unidos>
- Europea, U. (2023). La energía renovable. Europa.eu. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/70/la-energia-renovable>
- Fang, H., Li, H., Ma, S., & Liu, W. (2020). Analysis of electrical and thermal performance of a building integrated photovoltaic/thermal system using polycrystalline photovoltaic cells. *Solar Energy*, 209, 726-738. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.09.044>
- Ghosh, S., Sen, R., & Banerjee, A. (2021). Recent advances in photovoltaic technologies for solar energy harvesting. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110647
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). McGraw Hill.
- International Energy Agency (2021). Key World Energy Statistics. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021>. Accedido el 3 de abril de 2023.



- IRENA. (2022). IRENA – International Renewable Energy Agency. Irena.org.
<https://www.irena.org/>
- Jain, S., Chandel, S. S., & Chandel, R. (2019). Review of photovoltaic thermal (PV/T) technologies. *Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 102, 293-322.
- Khatri, R., & Singh, S. (2018). A review on comparative analysis of different types of solar panels. *International Journal of Scientific Research and Review*, 7(1), 6-11.
- Kim, J. H., Kim, K., & Park, N. G. (2019). High-efficiency silicon-based solar cells: A review. *Materials Today Energy*, 13, 269-283.
<https://doi.org/10.1016/j.mtener.2019.03.006>
- Kumar, P., & Kumar, P. (2018). Dust accumulation and cleaning effects on photovoltaic panel performance. *International Journal of Renewable Energy Research*, 8(2), 836-843.
- Lu, H., & Zhang, L.-Z. (2019). Influences of dust deposition on ground-mounted solar photovoltaic arrays: A CFD simulation study. *Renewable Energy*, 135, 21–31.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.096>
- Lu, H., Lu, L., Zhang, L.-Z., & Pan, A. (2019). Numerical study on polydispersed dust pollution process on solar photovoltaic panels mounted on a building roof. *Energy Procedia*, 158, 879–884. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.225>
- M. Gostein, R. J. Caron y B. Littmann, «Measuring Soiling Losses at Utility-scale PV Power Plants,» 2014.
- McKinsey & Company. (2018). The overlooked climate solution. Recuperado de <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/the-overlooked-climate-solution>
- Mishra, S., & Ramaswamy, M. A. (2018). Comparative
- Osinergmin. (2023). Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. Gob.pe.
<https://www.osinergmin.gob.pe/>



- Patra, A. K., Gautam, S., & Kumar, P. (2016). Emissions and human health impact of particulate matter from surface mining operation—A review. *Environmental Technology & Innovation*, 5, 233–249. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2016.04.002>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2019). Global Status Report for Buildings and Construction 2019. Recuperado de <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/30798>
- Referencia: Pachauri, R. K., & Weili, T. (2018). Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Salari, A., & Hakkaki-Fard, A. (2019). A numerical study of dust deposition effects on photovoltaic modules and photovoltaic-thermal systems. *Renewable Energy*, 135, 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.018>
- Sánchez de la Flor, F.J., & Ospina Serna, J. (2013). Fundamentos de energía solar fotovoltaica. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
- Sharma, R., & Dubey, S. (2018). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3921-3931. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.032>
- Song, C. L., & Soares, J. A. (2013). Effect of dust deposition on the performance of PV modules. *Renewable Energy*, 53, 273-276.
- Talla, E. D. (2015). Ahorro de energía eléctrica en una industria cervecera como estrategia de excelencia operativa [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/4030/Talla_ce.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vasquez, S., & Eddie, D. (2017). Propuesta De Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Para Reducir El Consumo Electrico Del Laboratorio De Electronica En I.E. Pedro Abel Labarthe Durand, Chiclayo, 2017. Universidad César Vallejo.



Yan, K., Li, M., Zhang, Y., Xue, J., Xie, Y., & Hu, M. (2020). Efficiency improvement of silicon solar cells with SiOxNy passivation layer by PECVD. *Journal of Physics: Conference Series*, 1461(1), 012018.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Metodología
<p>Problema General</p> <p>¿Cuál es la influencia del polvo sobre la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la eficiencia de los paneles solares monocristalinos por la influencia del polvo?</p> <p>¿Cómo se puede calcular la potencia energética bajo la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la influencia del polvo sobre la eficiencia energética en la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la eficiencia de los paneles solares monocristalinos por la influencia del polvo.</p> <p>Calcular la potencia energética bajo la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>El polvo influye negativamente en la eficiencia energética de la producción de energía eléctrica de los paneles solares monocristalinos.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>La eficiencia de los paneles solares monocristalinos se reduce por la influencia del polvo que cae sobre sus superficies.</p> <p>Es posible calcular la potencia energética por la influencia de tres tipos de espesores distintos de polvo acumulado en el panel fotovoltaico monocristalino.</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Aplicado</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Experimental, explicativo</p> <p>Enfoque de la investigación</p> <p>Enfoque cuantitativo</p> <p>Población, muestra y muestreo</p> <p>Población</p> <p>Paneles solares</p> <p>Muestra:</p> <p>Paneles solares monocristalinos.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos</p> <p>Datos recogidos bibliográficos y documentales.</p>

Anexo 2. Evidencias fotográficas



Paneles solares monocristalinos con acumulación de polvo



Paneles solares monocristalinos con acumulación de polvo



Tablero de modulo fotovoltaico y componentes



Paneles solares monocristalinos con acumulación de polvo



Medición de potencia con acumulación de polvo



Medición de potencia de modulo solar limpio



Limpieza de paneles solares monocristalinos



Modulo solar fotovoltaico limpio



Modulo solar fotovoltaico limpio



**SOLAR MODULE
EGE-100-105P-36
POLYCRYSTALLINE MODULE
100-105 W / 36 Cells / 5 Bus bars**



Eco Green Energy's modules are only made of grade A solar cells with a very high efficiency and ensured more than 25 years lifespan.

KEY FEATURES

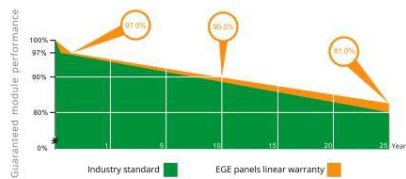
- 5 bus bars cells, with efficiency up to 21 %
- IP65 junction box for long term weather endurance
- High quality aluminum frame, resisting load up to 5400 Pa and wind pressure up to 2400 Pa
- High transmissivity, low-iron tempered glass
- High performance in low-light environment
- Double EL test before and after lamination

CERTIFICATES

IEC 61215 / IEC 61730 / CE
ISO 9001:2015

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12-Year Product Warranty • 25-Year Linear Power Warranty



25 YEARS OUTPUT POWER WARRANTY

12 YEARS PRODUCT WARRANTY



Eco Green Energy Group Ltd. 2018. All rights reserved.



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo ROYER JHONATHAN MAMANI HUANCA, identificado con DNI 71819326 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“INFLUENCIA DEL POLVO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 02 de Octubre del 2023



FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo ROYER JHONATHAN MAMANI HUANCA, identificado con DNI 71819326 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“INFLUENCIA DEL POLVO EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia: Creative

Commons Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 02 de Octubre del 2023



FIRMA (obligatoria)



Huella