

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO DE  
PANELES FOTOVOLTAICOS MONOCRISTALINOS  
Y POLICRISTALINOS”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

Autores:

Alexander Joel Zapana Marchan  
Chris Andersson Auccahuaque Mariñas

Asesor:

M. Sc. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Cajamarca - Perú

2021

## DEDICATORIA

El siguiente trabajo se lo dedicamos principalmente a nuestras familias que siempre nos dieron su incondicional apoyo durante todo el proceso de aprendizaje, por todo el sacrificio que demandó sostenernos emocional y económicamente todos estos años y por depositar su entera confianza en nuestras capacidades.

A nuestros hermanos por ser una de nuestras principales motivaciones para superarnos, día a día, y luchar por nuestros objetivos.

A nuestros compañeros de clase que sin esperar nada a cambio pudimos intercambiar conocimientos y apoyarnos académicamente.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos infinitamente a Dios por permitirnos haber llegado a esta etapa de la vida, guiando cada uno de nuestros pasos y acercándonos cada vez más los objetivos de vida que nos hemos propuesto.

De igual manera a todos y cada una de las personas que me brindaron sus conocimientos y ayudaron en momentos de incertidumbre.

Gracias a nuestra asesora Ing. Gladys Sandi Licapa Redolfo, por dirigirnos durante el desarrollo de la presente investigación, haciendo lo posible por despejar toda duda y logrando que este trabajo sea factible.

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>6</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>7</b>
<b>INDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Realidad Problemática .....	11
1.2. Formulación del problema .....	20
1.3. Objetivos .....	20
1.3.1. Objetivo general .....	20
1.3.2. Objetivos específicos.....	20
1.4. Hipótesis .....	21
1.4.1. Hipótesis General .....	21
1.4.2. Hipótesis Específicas .....	21
<b>CAPÍTULO II. MÉTODO.....</b>	<b>22</b>
2.1. Tipo de Investigación .....	22
2.2. Diseño de Investigación .....	22
2.3. Población y muestra .....	22
2.3.1. Población .....	22
2.3.2 Muestra .....	22
2.4 Materiales y métodos: .....	23
2.4.1 Materiales.....	23
2.4.2 Métodos .....	23
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	24
2.5.1.Técnica de recolección. ....	24
2.5.2. Instrumento de análisis: .....	25
2.5.3. Análisis de datos .....	25
2.6 Aspectos éticos.....	27
<b>CAPITULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>29</b>
3.1. Resumen de las Variables Analizadas para los 10 Estudios Seleccionados .....	29
3.2. Evaluación de resultados de paneles Fotovoltaicos Monocristalinos .....	32
3.3. Evaluación de resultados de paneles Fotovoltaicos Policristalinos .....	34
3.4. Resultados de parámetros meteorológicos de los diferentes estudios.....	36

3.5. Relación Variables Climáticas.....	40
3.6 Relación de la Irradiación con Potencia Generada.....	41
3.7. Comparación de variables climáticas con la ciudad de Cajamarca.....	42
3.8. Estudio de las variables climatológicas seleccionadas.....	43
<b>CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
4.1 Discusión.....	52
4.2 Conclusiones .....	54
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Datos de la Ciudad de Cajamarca.....	24
<b>Tabla 2</b> Lista de Estudios Seleccionados.....	25
<b>Tabla 3</b> Evaluación de 10 estudios en cuanto a Rendimiento Fotovoltaico. ....	29
<b>Tabla 4</b> Evaluación de 10 estudios en cuanto a Variables Climáticas.....	30
<b>Tabla 5</b> Evaluación de Energía Generada y Eficiencia - Monocristalino.....	32
<b>Tabla 6</b> Evaluación de Energía Generada y Eficiencia - Policristalino.....	34
<b>Tabla 7</b> Resultados de temperatura e irradiación - Monocristalino.....	36
<b>Tabla 8</b> Resultados de Temperatura e Irradiación - Policristalino .....	38
<b>Tabla 9</b> Comparación de Variables Climáticas con la Ciudad de Cajamarca .....	43
<b>Tabla 10</b> Resultados de irradiación solar - Bogotá.....	43
<b>Tabla 11</b> Resultados de Temperatura Ambiente - Bogotá.....	45
<b>Tabla 12</b> Resultados de Velocidad del Viento - Bogotá.....	46
<b>Tabla 13</b> Resultados de Humedad Relativa - Bogotá. ....	47
<b>Tabla 14</b> Resultados meteorológicos de la ciudad de Bogotá. ....	50

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología Aplicada.....	27
Figura 2. Valores de energía generada – monocristalino. ....	33
Figura 3. Valores de eficiencia generada – monocristalino.....	33
Figura 4. Valores de energía generada – policristalino. ....	35
Figura 5. Valores de eficiencia generada – policristalino. ....	35
Figura 6. Valores de temperatura registrada – monocristalino.....	37
Figura 7. Valores de irradiación registrada – monocristalino. ....	37
Figura 8. Valores de temperatura registrada – policristalino.....	39
Figura 9. Valores de Irradiación – Policristalino.....	39
Figura 10. Valores Irradiación Vs Temperatura - Monocristalino .....	40
Figura 11. Valores Irradiación Vs Temperatura - Policristalino .....	41
Figura 12. Valores de Potencia Vs Irradiación - Monocristalino.....	41
Figura 13. Valores de Potencia Vs Irradiación - Policristalino .....	42
Figura 14. Valores de radiación solar - Bogotá.....	44
Figura 15. Valores de temperatura ambiente - Bogotá.....	45
Figura 16. Valores de Velocidad del Viento - Bogotá .....	47
Figura 17. Valores de Humedad Relativa - Bogotá.....	48
Figura 18. Comparación de Irradiación Bogotá – Cajamarca .....	48
Figura 19. Comparación de Temperatura Bogotá - Cajamarca .....	48

Figura 20. Comparación de Velocidad del Viento Bogotá - Cajamarca .....	49
Figura 21. Comparación de Humedad Relativa Bogotá - Cajamarca.....	49
Figura 22 Irradiancia vs Temperatura .....	51
Figura 23. Irradiancia vs velocidad del viento .....	51
Figura 24. Irradiancia vs Humedad relativa .....	51



## INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Potencia Generada .....	19
Ecuación 2 Energía Generada.....	19
Ecuación 3 Eficiencia .....	20

## RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo comparar los resultados de diferentes estudios basados en la evaluación del rendimiento de paneles fotovoltaicos Monocristalinos y Policristalinos para así determinar que tecnología es la más óptima en diferentes condiciones; adicionalmente se comparó las condiciones meteorológicas de los estudios recopilados con las de Cajamarca para así determinar una correlación y proyección de desempeño al aplicar estas tecnologías en esta ciudad. La metodología aplicó la recopilación, análisis y selección de investigaciones; complementariamente, se consideró una evaluación y procesamiento de datos en Excel de los diversos parámetros meteorológicos como irradiación, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa de ser el caso. Para la evaluación del rendimiento de los paneles Monocristalinos y Policristalinos se procuró seleccionar estudios no mayores a 10 años de antigüedad. Como resultado se obtuvo que los paneles fotovoltaicos Monocristalinos obtuvieron un valor en promedio de 11.83% en eficiencia para las diferentes condiciones, presentando un aumento de 2.29% en rendimiento frente a los paneles fotovoltaicos Policristalinos. Finalmente se concluye que esta tecnología tiene un mayor potencial para la generación de energía limpia, implementación a diferentes niveles y se logre la reducción de costos por consumo debido al aumento en el uso de energía renovable.

**PALABRAS CLAVES:** Panel fotovoltaico, Monocristalino, Policristalino.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Desde los comienzos de la revolución industrial se ha mantenido la generación de energía a partir de combustibles fósiles; el aumento poblacional y la dependencia energética ha conllevado a que sea uno de los temas principales a resolver (Foster y Elzinga, 2015). En el siglo XXI, se puede apreciar como ha venido decreciendo el mismo y se puede comprobar a través de la transición a una economía de energías renovables sostenibles y no contaminantes.

La tendencia de energías renovables ha aumentado de manera progresiva, la cual está contribuyendo a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales buscan reducir la obtención de energía de fuentes contaminantes, sustituyendo parcialmente a la energía nuclear y a los combustibles fósiles para la generación de electricidad (André, Castro, y Cerdá, 2012, p.11).

En este sentido, los paneles fotovoltaicos constituyen uno de los métodos más simples para convertir la energía del sol en electricidad, pues en esta transformación no se crean subproductos peligrosos para el medio ambiente. Estos paneles funcionan cuando la luz del sol excita los electrones dentro de las células, lo cual genera energía eléctrica (Flores & Domínguez, 2012, p.19).

El uso en gran escala de la energía renovable, o ER, es importante para el futuro por varias razones: para eliminar la dependencia con respecto a los combustibles fósiles, para combatir el calentamiento global y para elevar el nivel de vida de las poblaciones en los países en desarrollo. Gran parte de la ER es hoy en día un campo naciente de investigación, tecnología y fabricación, para el que se está desarrollando una nueva industria (International Energy Agency[IEA] , 2013, p.9).

En el ámbito mundial, la situación energética en el 2015 evidencia que las energías no renovables siguen venciendo con un 76,5% frente a las energías renovables con 23,5%; la producción de energía en ese año fue de 24 100 TWh, dentro de ese solo un 5.660 TWh de energías renovables donde la energía solar solo representa 1.0% del 23,5% (Robles & Rodríguez , 2018, p.3).

El Perú al encontrarse cerca de la línea ecuatorial posee una gran disponibilidad del recurso solar. Es por eso que, la opción de utilizar paneles fotovoltaicos para abastecer de energía eléctrica, a zonas donde no llegan las conexiones de las centrales convencionales, es viable. (MINEM, 2014). En la actualidad, el Perú cuenta con siete centros solares operativos conectados al SEIN, ubicados al sur. Estas centrales son Majes Solar, Solar Repartición, Tacna Solar, Panamericana Solar, Moquegua FV, Rubí e Intipampa, de las cuales la más grande es la central Rubí. Esta central cuenta con más de 500 mil paneles fotovoltaicos de 320 W con una capacidad de 144.48 MW, la cual abastece a, aproximadamente, 350 mil hogares cercanos (Reyes , 2018, p.2).

En el caso de Cajamarca, la compañía española de energía renovable Greenergy firmó un acuerdo de financiación de US\$ 40 millones (unos 35.5 millones de euros) con el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) y el Instituto Oficial de Crédito de España (ICO) para la construcción y desarrollo de dos parques eólicos situados en Chota, a más de 2,400 metros sobre el nivel del mar, y serán construidos por Siemens Gamesa. Los parques eólicos Duna y Huambos contarán con una potencia instalada de 36,8 megavatios (MW) en total y venderán la energía producida por un periodo de veinte años al Ministerio de Energía y Minas de Perú a un precio de entre US\$ 36.8 y 37.7 (32.6 y 33.4 euros) por megavatio hora (MWh), con una producción anual estimada de más de 165,000 MWh. (Rumbo Minero, 2019)

Frente a la importancia de la situación expuesta, se presenta esta investigación con el objetivo de comparar el rendimiento de los paneles fotovoltaicos Monocristalinos y Policristalinos en diferentes condiciones climáticas y poder proyectar la aplicación de esta tecnología en la ciudad de Cajamarca.

La presente investigación se justifica en los siguientes aspectos:

Por su trascendencia social-económica, ya que mediante esta investigación se busca contribuir en conocer la variación de generación eléctrica para beneficio de la población en futuras elecciones de tecnologías y aplicaciones en la ciudad de Cajamarca. Por otro lado, presentar una opción de energías limpias y así tomar medidas a partir de los resultados para elevar la calidad de vida de las personas sin comprometer el ambiente, asimismo por su trascendencia teórica puesto que este estudio contribuirá como antecedente para futuras investigaciones académicas para así poder realizar importantes proyectos en zonas urbanas y sobre todo en zonas rurales de difícil acceso y que no disponen de energía eléctrica. Y finalmente la investigación se justifica de manera práctica, debido a que se busca implementar una estrategia para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la mitigación del cambio climático proponiendo alternativas sustentables. (Velásquez & Zambrano, 2018) en su tesis "Eficiencia de la heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en la ESPAM MFL" las autoras tuvieron como objetivo evaluar la eficiencia de la heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en la ESPAM MFL. Donde los resultados durante los primeros días demostraron que no existió variación en los voltajes, sin embargo, en los últimos días decreció el voltaje del Policristalino y aumentó el Monocristalino. En cuanto al amperaje estos mantuvieron un comportamiento constante, obteniendo una eficiencia de 6,23% Monocristalinos y 4,68% Policristalinos. Se aplicó la

prueba de T- Student para contrastar estadísticamente los resultados obtenidos, encontrando una diferencia significativa del 95%. Concluyendo que el sistema monocristalino tuvo una mayor eficiencia de conversión solar a eléctrica.

Martínez (2017) en su tesis "Estimación de la eficiencia de un sistema de energía eléctrica basado en paneles solares considerando variables ambientales en la ciudad de Bogotá"; el autor tuvo como objetivo conocer la relación entre la eficiencia de dos tipos de paneles fotovoltaicos, Monocristalinos y Policristalinos, y la variación del clima en la ciudad de Bogotá-Colombia. Mediante la recolección de información durante un mes las 24 horas en condición de la variante del tiempo. Al mismo tiempo se implementó una estación meteorológica que registró las variaciones de variables climáticas como velocidad del viento, temperatura, humedad, irradiancia y lluvia, con el fin de relacionarlas con la potencia generada de cada panel fotovoltaico. Observándose la relevancia de cada variable climática sobre la generación de potencia en los paneles solares fotovoltaicos tanto en el de tipo Monocristalino como en el de tipo Policristalino. Concluyéndose que, aunque se comprueba que la tecnología fotovoltaica de tipo Monocristalino es más eficiente se aprecia que esta alrededor del 4% por debajo de la especificación del fabricante. El mismo caso sucede con la eficiencia de la tecnología fotovoltaica del tipo Policristalino, la cual disminuye en misma proporción.

Como menciona Aguirre et al. (2013) en su tesis "Comparación de eficiencias de conversión de energía en celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino, policristalino y amorfo para mediciones meteorológicas de la ciudad Santiago de Cali" los autores tuvieron como objetivo investigar el grado de eficiencia de conversión fotovoltaica que tienen los paneles solares de silicio Monocristalino, Policristalino y amorfo, utilizando mediciones dinámicas meteorológicas realizadas en la ciudad Santiago de Cali. La

metodología propuesta consiste en comparar modelos de desempeño de conversión fotovoltaica de diferentes autores a través de una simulación numérica, para determinar la relación que existe entre la temperatura de la celda y la eficiencia de conversión fotovoltaica. Como resultado de la investigación realizada se concluyó que existe una relación inversamente proporcional entre la temperatura de la celda calculada por los tres modelos de desempeño y la eficiencia de conversión, es decir que, a mayor temperatura de la celda, la eficiencia de conversión de energía es menor. Por otro lado, al comparar la gráfica de los tres tipos de tecnologías de paneles, se evidencia que para las condiciones solarimétricas de la ciudad Santiago de Cali, el panel de silicio Monocristalino es el que mayor eficiencia de conversión de energía presenta, seguido del panel de silicio Policristalino y finalmente, el panel de silicio amorfo.

Por otra parte, en el ámbito nacional, Huamán (2018). En su tesis "Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos Monocristalinos y Policristalinos en la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco". El autor tuvo como objetivo detallar el análisis del estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos Monocristalino y Policristalino.

El estudio consistió en hacer seguimiento a los paneles fotovoltaicos en los parámetros de voltaje, corriente y potencia además de la eficiencia bajo la radiación solar, temperatura y humedad de Cusco, los cuales son indicadores de la eficiencia de paneles fotovoltaicos, la comparación de potencias se hizo a través de tablas y gráficos para establecer diferencias y similitudes entre ambos paneles. Obteniéndose como resultado, voltajes con valores de 13.92V a 18.48V del panel Monocristalino y 9.65V a 16.10V para el panel Policristalino y valores de corrientes de 6.8 A a 8.56 A del panel Monocristalino y 5.31 A a 8.37 A del panel Policristalino con temperatura ambiental promedio de 16.77

°C y humedad relativa promedio de 44.61%. Concluyéndose que existe una superioridad de 2.73% del panel Monocristalino con una eficiencia de 18.40% al panel Policristalino con una eficiencia de 15.67% en conversión de energía eléctrica.

Pérez (2019) en su tesis "Factibilidad técnica, económica y social de instalaciones eléctricas solar fotovoltaicas para el consumo doméstico de la localidad de El Vallecito, Cusco" donde la autora tiene como objetivo evaluar y justificar la factibilidad técnica, económica y social de la instalación de un sistema fotovoltaico aislado para dotar del servicio eléctrico a los pobladores de la localidad El Vallecito - Cusco. Para ello, se caracterizó, haciendo uso del software Matlab, los elementos que conforman el sistema fotovoltaico. Se verificaron los resultados a través del dimensionamiento de un sistema fotovoltaico regido por la Norma Técnica Peruana (NTP\_MINEM) y óptimo para el consumo eléctrico domiciliario de la localidad rural seleccionada: El Vallecito, perteneciente a la región del Cusco. Además, se evaluó la viabilidad económica del acceso al servicio eléctrico domiciliario a través de un sistema fotovoltaico aislado, considerando la aplicación de la tarifa BT8 y el subsidio FOSE. Concluyendo a través de la caracterización de los elementos que conforman un sistema fotovoltaico aislado (panel fotovoltaico, conversor CC/CC, inversor CC/CA y controlador de carga) en el software Matlab, se pudo demostrar que este proceso se convierte en una herramienta útil para la evaluación del comportamiento de esta alternativa de electrificación ante variables externas ambientales como la temperatura, irradiancia solar y fenómenos atmosféricos.

Por otra parte, en el ámbito local, Rufasto (2019). En su tesis "Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén" Tuvo como objetivo diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad



Nacional de Jaén. Se realizó la evaluación del recurso solar con datos de la estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 y comparando los resultados con los datos de la Nasa, se determinó la demanda energética y el diseño de cada uno de los componentes del sistema fotovoltaico asimismo se hizo la comparación de la energía solar con la energía eléctrica. Concluyéndose que, de acuerdo con los datos encontrados para la zona de la provincia de Jaén, con el equipo Vantage Pro 2, la irradiación máxima fue 5,836 Kwh/m<sup>2</sup>/día en el mes de octubre y la mínima fue 4,190 Kwh/m<sup>2</sup>/día en el mes de febrero, comparando con los datos de la NASA la irradiación máxima fue 5,12 Kwh/m<sup>2</sup>/día en el mes de noviembre y la mínima fue 3,88 Kwh/m<sup>2</sup>/día en el mes de febrero. Luego de la evaluación solar se determinó que la radiación solar en el mes más desfavorable para un ángulo de 5° es de 3,88 Kwh/m<sup>2</sup>/día.

En la presente investigación resulta de suma importancia resaltar algunas definiciones tales como:

**Efecto fotovoltaico:** Es la conversión directa, en un dispositivo llamado célula fotovoltaica, de radiación electromagnética en corriente eléctrica. La tecnología fotovoltaica se basa en el fenómeno físico conocido como "Efecto fotovoltaico" (Blas, 2011, p.33)

**Cadena Energética:** Es el conjunto de todos los procesos y actividades tendientes al aprovechamiento de la energía que comienza con la fuente energética misma y se extiende hasta su uso final (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2017).

**Eficiencia energética:** Es la capacidad de aprovechar la energía de manera óptima e incrementando la competitividad y así regenerando la calidad de vida, disminuyendo costos y por último limitando la producción de los gases de efecto invernadero. (Briano, Báez, & Morales, 2016, p.4)

**Energía solar:** El aprovechamiento de la energía solar está condicionado a la intensidad de la radiación solar incidente sobre un área determinada, por lo que es necesario contar con registros de radiación confiables que puedan emplearse en el diseño de equipos que aprovechen la energía solar (Salamanca, 2017, p.2).

**Conversión de luz solar en energía eléctrica:** Proceso por el cual la energía solar se transforma directamente en electricidad, el dispositivo que mide este proceso es la célula fotovoltaica. Los sistemas fotovoltaicos permiten la transformación de la luz solar en energía eléctrica (González, Zambrano, & Estrada, 2014, p.17).

**Paneles Monocristalinos:** Se obtienen a partir de silicio muy puro, que se refunde en un crisol junto con una pequeña proporción de boro. Una vez que el material se encuentra en estado líquido se le introduce una varilla con un "cristal germen" de silicio, que se va haciendo recrecer con nuevos átomos procedentes del líquido, que quedan ordenados siguiendo la estructura del cristal (Torres, 2018, p.2).

**Paneles Policristalinos:** En las células policristalinas, en lugar de partir de un monocristal, se deja solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, con lo cual se obtiene un sólido formado por muchos pequeños cristales de silicio, que pueden cortarse luego en finas obleas policristalinas (Torres, 2018, p.4).

**Emplazamiento de los módulos fotovoltaicos:** El emplazamiento de un módulo fotovoltaico afecta a su capacidad generadora en un doble sentido. Además, el lugar determina el potencial de la radiación solar incidente y la superficie particular (orientación, inclinación y sombras) que aloja al generador determina el grado de aprovechamiento de dicho potencial (Sánchez, 2015).

**Sistema Fotovoltaico Aislado:** Es un conjunto de elementos que aprovechan la energía del sol, para producir y consumir energía eléctrica sin necesidad de estar conectada a

alguna red de energía nacional, y de esta manera alimentar zonas aisladas que no cuentan con energía eléctrica (Ladino, 2011, p.14).

**Punto de máxima potencia (MPP):** Es la máxima potencia que puede suministrar una célula, y corresponde al punto de la curva donde el producto de la tensión por la corriente es máximo. Todos los restantes valores de la curva, generan valores inferiores donde la curva de corriente tensión es la línea discontinua y potencia - tensión es la línea continua, de una célula fotovoltaica. (Ruiz, Beristáin, y Sosa, 2010, p.1)

A continuación, se da detalle de las Ecuaciones generales que aplico la mayoría de estudios para su desarrollo:

**Potencia Generada:** La cantidad de energía generada.

$$W = V * I$$

*Ecuación 1 Potencia Generada*

Donde:

W: Potencia (Watts)

V: Voltaje del panel (Volts)

I: Corriente del panel (Amp)

**Energía Generada:** La cantidad de energía generada por metro cuadrado se define por:

$$Energía\ Generada = W/A$$

*Ecuación 2 Energía Generada*

Donde:

W: Potencia (Watts)

A: Área del Panel (m<sup>2</sup>)

**Eficiencia:** Es el cociente entre la energía suministrada al circuito por el panel fotovoltaico y la energía recibida del sol o irradiación:

$$Eficiencia = \left( \frac{Energía\ Generada}{Irradiación} \right) * 100$$

*Ecuación 3 Eficiencia*

Donde:

Energía Generada: (Watts/m<sup>2</sup>)

Irradiación solar: (Watts/m<sup>2</sup>)

## 1.2. Formulación del problema

¿Qué panel fotovoltaico presenta un mayor rendimiento promedio en los estudios analizados durante los últimos diez años?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el mejor rendimiento promedio de los paneles fotovoltaicos Monocristalinos y Policristalinos en los estudios analizados durante los últimos diez años.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Verificar la correlación entre las variables Irradiación y Potencia de los diferentes estudios para paneles Monocristalino y Policristalino.
- Determinar la relación de variables climáticas sobre la generación de energía de los paneles fotovoltaicos Monocristalino y Policristalino.

- Comparar las condiciones climáticas de la Ciudad de Cajamarca con las de los estudios evaluados.
- Evaluar si la aplicabilidad de estas tecnologías a gran escala de acuerdo a las variables climatológicas disponibles de la ciudad de Cajamarca es viable.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis General**

- El rendimiento promedio del panel fotovoltaico Monocristalino frente al Policristalino presenta una mayor eficiencia de acuerdo a los resultados de los estudios analizados durante los últimos 10 años.

### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

- La correlación entre las variables Irradiación y Potencia de los estudios analizados para ambas tecnologías es directamente proporcional.
- La influencia de variables climáticas sobre la generación de energía para ambas tecnologías es directamente proporcional.
- Se pudo obtener un grado de similitud en las condiciones climáticas comparadas de la ciudad de Cajamarca con al menos un estudio evaluado.
- Es viable la aplicabilidad de las tecnologías a gran escala de acuerdo a las variables climáticas disponibles de la ciudad de Cajamarca.

## CAPÍTULO II. MÉTODO

### 2.1. Tipo de Investigación

La presente investigación contrastó los resultados de los estudios escogidos, en base al modelo de investigación **Documental** de tipo **Revisión Sistemática**. Moreno et al.(2018) refieren que este tipo de investigaciones busca procesar información de aspectos cualitativos y cuantitativos de forma transparente y comprensible a fin de resumir y estructurar para posteriormente responder una pregunta en específico.

### 2.2. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es no experimental. Tal como menciona Dzul (2010) en estos estudios no se busca manipular las variables; se basa en observar los fenómenos tal y como suceden en su contexto natural. Esta investigación busca ampliar los conocimientos del tema abordado y tener un punto de vista fundamentado, para ser utilizado en futuras investigaciones.

### 2.3. Población y muestra

#### 2.3.1. Población

Todos los estudios relacionados a rendimiento de paneles fotovoltaicos Monocristalinos y/o Policristalinos hechos desde el 2010 hasta el presente.

#### 2.3.2 Muestra

Análisis de 10 estudios sobre el rendimiento de paneles fotovoltaicos Monocristalinos y/o Policristalino.

## 2.4 Materiales y métodos:

### 2.4.1 Materiales

- ✓ Cuaderno de apuntes.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Lapiceros
- ✓ Regla
- ✓ Lápiz 2B
- ✓ Mascarilla KN95
- ✓ Laptop
- ✓ Datos meteorológicos de la ciudad de Cajamarca (Senamhi)
- ✓ Datos de equipos Monocristalinos y Policristalinos.

### 2.4.2 Métodos

a) **Método Cuantitativo:** Este método permitió estudiar la relación existente entre las variables; se pudo determinar hasta donde es manipulable una variable (independiente), para que provoque los cambios en la otra variable (dependiente); mediante este método se sacó deducciones en base a los datos obtenidos, los cuales se presentan de la Tabla 2 a la Tabla 21.

b) **Método bibliográfico:**

- ❖ La investigación empezó a partir de la definición del problema acerca de la influencia de los factores climáticos en la eficiencia de la captación de energía solar de paneles fotovoltaicos.
- ❖ Recopilación de información disponible acerca de la energía del sol, los módulos fotovoltaicos y del sistema de adquisición datos.

- ❖ Recolección de datos de los diferentes estudios sobre paneles Monocristalinos y Policristalinos seleccionados.
- ❖ Luego con el programa informático Excel se hizo un análisis de la información recolectada de los estudios de paneles Monocristalinos y Policristalino seleccionados.

## Tabla 1

*Datos de la Ciudad de Cajamarca*

<b>Datos de la ciudad de Cajamarca.</b>	
<b>Ubicación:</b>	Latitud: -7.16064165971914 Longitud: -78.51522617788497
<b>Periodo:</b>	Año 2020
<b>Temporadas 1:</b>	Lluvias (Noviembre – Abril)
<b>Temporadas 2:</b>	Sequía (Mayo - Octubre)

*Fuente:* Google académico.

## 2.5. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

A continuación, se presenta la metodología usada para la recolección, tratamiento y análisis de datos para este estudio.

### 2.5.1. Técnica de recolección.

Se aplicó la técnica de búsqueda informativa por palabras clave (Panel Monocristalino, Panel Policristalino, Rendimiento de Paneles, Eficiencia de Paneles, entre otros) en las diferentes plataformas bibliográficas.

Posteriormente, se aplicó la técnica de análisis documental de 10 estudios relacionados con la Eficiencia de paneles Monocristalino y Policristalino; donde 8 estudios



presentaban la evaluación de ambas tecnologías, 1 de solo Monocristalino y 1 de solo Policristalino.

### 2.5.2. Instrumento de análisis:

Se hizo uso de un Excel y la generación de gráficas como instrumento para el análisis y evaluación de datos de los 10 estudios, teniendo un control individual y grupal para el tratamiento de datos. Se anexa la información correspondiente al Excel de control.

### 2.5.3. Análisis de datos

El análisis de datos se dio mediante cuadros comparativos y gráficas en función a las diferentes variables identificadas (Potencia, Eficiencia, Temperatura y Radiación Solar), para una mejor comprensión se realizó una tabla para cada variable y tecnología.

Posteriormente, se analizaron las variables climáticas de los diferentes estudios en función de las presentes en la ciudad de Cajamarca para así determinar una proyección de aplicación de las tecnologías en estudio.

A continuación, se presenta la lista de Estudios seleccionados:

**Tabla 2**

*Lista de Estudios Seleccionados*

<b>Autores</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Lugar</b>	<b>Título</b>
Norma y Miguel (2018)	Tesis	México	1. Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio.
Martínez (2017)	Tesis	Colombia	2. Estimación de la eficiencia de un sistema de energía eléctrica basada en paneles solares considerando variables ambientales en la ciudad de Bogotá.
Velásquez (2018)	Tesis	Ecuador	3. Eficiencia de la Heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en el espam.
Aguirre (2016)	Investigación	Colombia	4. Comparación de eficiencias de conversión de energías en celdas fotovoltaicas de silicio monocristalino, policristalino y amorfo para

<b>Autores</b>	<b>Tipo de Documento</b>	<b>Lugar</b>	<b>Título</b>
Barboza (2013)	Tesis	Colombia	mediciones meteorológicas de la ciudad Santiago de Cali. 5. Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (Monocristalino y Policristalino) en Bogota
Elamim (2017)	Estudio	Marruecos	6. Analysis and comparison of different PV technologies for determining the optimal PV panels- A case study in Mohammedia, Morocco.
Vega (2013)	Tesis	España	7. Estudio Comparativo de distintas tecnologías fotovoltaicas.
Hernandez (2011)	Tesis	El Salvador	8. Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos con inyección a la red monocristalino, policristalino y amorfo instalados en CEL.
Huamán (2018)	Tesis	Perú	9. Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos en la universidad nacional de san Antonio Abad del Cusco.
Mamani (2019)	Tesis	Perú	10. Determinación experimental de la eficiencia de un panel fotovoltaico marca Sunbe Solar tipo SLP 60-12 de 60 w bajo las condiciones ambientales de Puno en énfasis en la intensidad de radiación solar.

### Procedimiento de Metodología Aplicada:

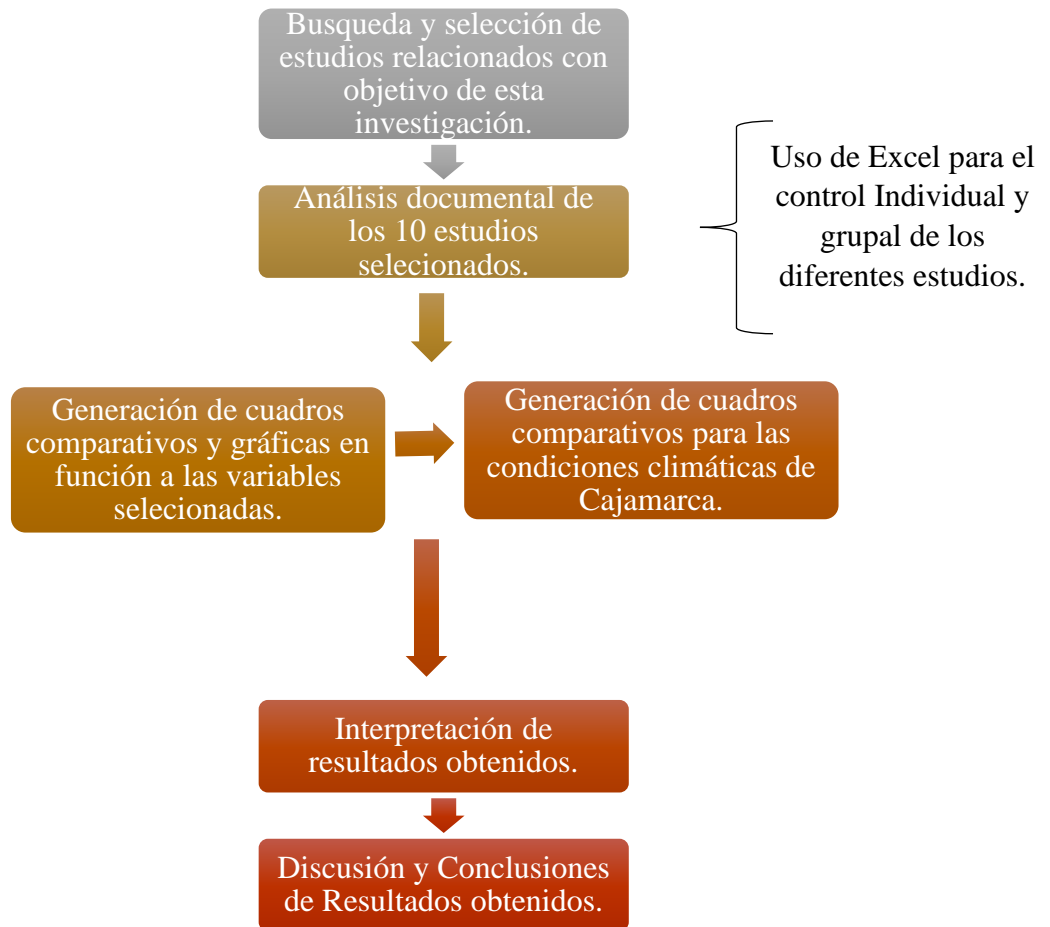


Figura 1. Metodología Aplicada

### 2.6 Aspectos éticos.

El presente trabajo de investigación de tesis presentado para la obtención del Título de Ingeniero Ambiental es original, siendo resultado de nuestro trabajo y esfuerzo personal, el cual no ha sido copiado de otro trabajo de investigación, habiendo solo usado citas sacadas de otras tesis, estudios, artículos, etc.; la autoría u origen de estos trabajos son mencionados de forma clara y exacta, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

Asimismo, declaramos que el trabajo de investigación que ponemos a disposición para evaluación es fidedigno, no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, ni ha sido publicado en sitio alguno en formato digital o físico.

## CAPITULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resumen de las Variables Analizadas para los 10 Estudios Seleccionados

**Tabla 3**

*Evaluación de 10 estudios en cuanto a Rendimiento Fotovoltaico.*

#### Datos de los 10 Estudios Seleccionados de Rendimiento Fotovoltaico.

Nombre del Estudio	Rendimiento de Panel Monocrystalino			Rendimiento del Panel Policristalino		
	Volt.	Corr.	Eficiencia	Volt.	Corr.	Eficiencia
1. Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio.	N/A	N/A	N/A	20.14 Volts	0.55 Amp	11.09 %
2. Estimación de la eficiencia de un sistema de energía eléctrica basada en paneles solares considerando variables ambientales en la ciudad de Bogotá.	12.21 Volts	0.498 Amp	10.95 %	13.02 Volts	0.451 Amp	4.09 %
3. Eficiencia de la Heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en el espam.	18.88 Volts	1.600 Amp	6.23 %	16.07 Volts	1.404 Amp	4.67 %
4. Comparación de eficiencias de conversión de energías en celdas fotovoltaicas de silicio monocrystalino, policristalino y amorfo para mediciones meteorológicas de la ciudad Santiago de Cali.	N/A	N/A	20.73 %	N/A	N/A	13.99 %
5. Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (Monocrystalino y Policristalino) en Bogota	12.76 Volts	0.420 Amp	3.296 %	13.60 Volts	0.450 Amp	3.154 %
6. Analysis and comparison of different PV technologies for determining the optimal PV panels- A case study in Mohammedia, Morocco.	91.85 Watts/m <sup>2</sup>		15.28 %	91.32 Watts/m <sup>2</sup>		15.17 %
7. Estudio Comparativo de distintas tecnologías fotovoltaicas.	400.5 Watts/m <sup>2</sup>		17.31 %	367.1 Watts/m <sup>2</sup>		10.88 %
8. Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos con inyección a la red monocrystalino, policristalino y amorfo instalados en CEL.	18.18 KWatts/m <sup>2</sup>		14.03 %	17.68 KWatts/m <sup>2</sup>		13.64 %

**Datos de los 10 Estudios Seleccionados de Rendimiento Fotovoltaico.**

Nombre del Estudio	Rendimiento de Panel Monocrystalino			Rendimiento del Panel Policristalino		
	Volt.	Corr.	Eficiencia	Volt.	Corr.	Eficiencia
9. Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos monocrystalinos y policristalinos en la universidad nacional de san Antonio Abad del Cusco.	40.84		6.88 %	39.74		6.70 %
	KWatts/m <sup>2</sup>			KWatts/m <sup>2</sup>		
10. Determinación experimental de la eficiencia de un panel fotovoltaico marca Sunbe Solar tipo SLP 60-12 de 60 w bajo las condiciones ambientales de Puno en énfasis en la intensidad de radiación solar.	N/A	N/A	N/A	20.03	1.80	12.11 %
				Volts	Amp	

**Tabla 4**

*Evaluación de 10 estudios en cuanto a Variables Climáticas.*

Nombre Del Estudio	Panel Fotovoltaico	T° Promedio	Irradiación	Humedad Relativa	Veloc. del Viento
1. Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio.	Monocrystalino	N/A	N/A	N/A	N/A
	Policristalino	42.57 °C	965 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
2. Estimación de la eficiencia de un sistema de energía eléctrica basada en paneles solares considerando variables ambientales en la ciudad de Bogotá.	Monocrystalino	19.63 °C	232.2 Watts/m <sup>2</sup>	45.71	2.4 m/s
	Policristalino	19.62 °C	390.2 Watts/m <sup>2</sup>	60.23	0.57 Km/h
3. Eficiencia de la Heliofanía en diferentes tipos de células fotovoltaicas de un sistema aislado en el espam.	Monocrystalino	31.23 °C	2710 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
	Policristalino	31.23 °C	2710 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
4. Comparación de eficiencias de conversión de energías en celdas fotovoltaicas de silicio monocrystalino, policristalino y amorfo para mediciones meteorológicas de la ciudad Santiago de Cali.	Monocrystalino	38.47 °C	N/A	N/A	N/A
	Policristalino	39.93 °C	N/A	N/A	N/A

Nombre Del Estudio	Panel Fotovoltaico	T° Promedio	Irradiación	Humedad Relativa	Veloc. del Viento
5. Estudio comparativo entre variables fotovoltaicas de dos sistemas de paneles solares (Monocrystalino y Policristalino) en Bogotá.	Monocrystalino	N/A	505.34 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
	Policristalino	N/A	480.01 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
6. Analysis and comparison of different PV technologies for determining the optimal PV panels- A case study in Mohammedia, Morocco.	Monocrystalino	N/A	600 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	3.5 Km/h
	Policristalino	N/A	600 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	3.5 Km/h
7. Estudio Comparativo de distintas tecnologías fotovoltaicas.	Monocrystalino	32.49 °C	373.8 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	1.37 Km/h
	Policristalino	32.77 °C	425.9 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	1.37 Km/h
8. Estudio comparativo de los sistemas fotovoltaicos con inyección a la red monocrystalino, policristalino y amorfo instalados en CEL.	Monocrystalino	N/A	150.91 KWatts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
	Policristalino	N/A	150.91 KWatts/m <sup>2</sup>	N/A	N/A
9. Estudio comparativo de potencia generada por paneles fotovoltaicos monocrystalinos y policristalinos en la universidad nacional de san Antonio Abad del Cusco.	Monocrystalino	17.28 °C	611.32 KWatts/m <sup>2</sup>	40.20	N/A
	Policristalino	17.28 °C	611.32 KWatts/m <sup>2</sup>	40.20	N/A
10. Determinación experimental de la eficiencia de un panel fotovoltaico marca Sunbe Solar tipo SLP 60-12 de 60 w bajo las condiciones ambientales de Puno en énfasis en la intensidad de radiación solar.	Monocrystalino	N/A	N/A	N/A	N/A
	Policristalino	15.12 °C	594.75 Watts/m <sup>2</sup>	N/A	7.6 Km/h

### 3.2. Evaluación de resultados de paneles Fotovoltaicos Monocristalinos

**Tabla 5**

*Evaluación de Energía Generada y Eficiencia - Monocristalino*

<b>Estudios</b>	<b>Energía Generada (Watts/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Eficiencia %</b>
Estudio 1: Norma (2018)	N/A	N/A
Estudio 2: Martínez (2017)	21.78	10.95
Estudio 3: Velázquez (2018)	168.87	6.23
Estudio 4: Aguirre (2016)	N/A	20.73
Estudio 5: Barboza (2013)	15.82	3.296
Estudio 6: Elamim (2017)	91.85	15.28
Estudio 7: Vega (2013)	63.57	17.31
Estudio 8: Hernandez (2011)	18.18	14.03
Estudio 9: Huamán (2018)	40.54	6.88
Estudio 10: Mamani (2019)	N/A	N/A
<b>Promedio</b>	<b>60.13 Watts/m<sup>2</sup></b>	<b>11.838 %</b>

En la Tabla 2 se observan los datos correspondientes a los 10 estudios seleccionados para las variables correspondientes a los paneles Fotovoltaicos Monocristalinos de los cuales 8 estudios realizaron una evaluación de los paneles mencionados.



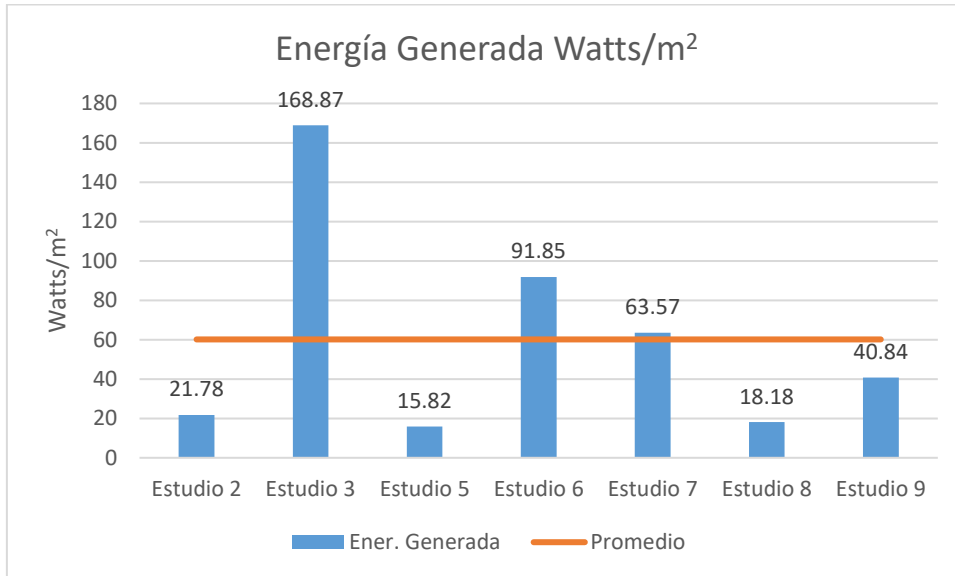


Figura 2. Valores de energía generada – Monocristalino.

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la radiación generada en los 7 estudios seleccionados que tuvieron resultados para esta variable, a su vez se observa la media de todos los datos recopilados.

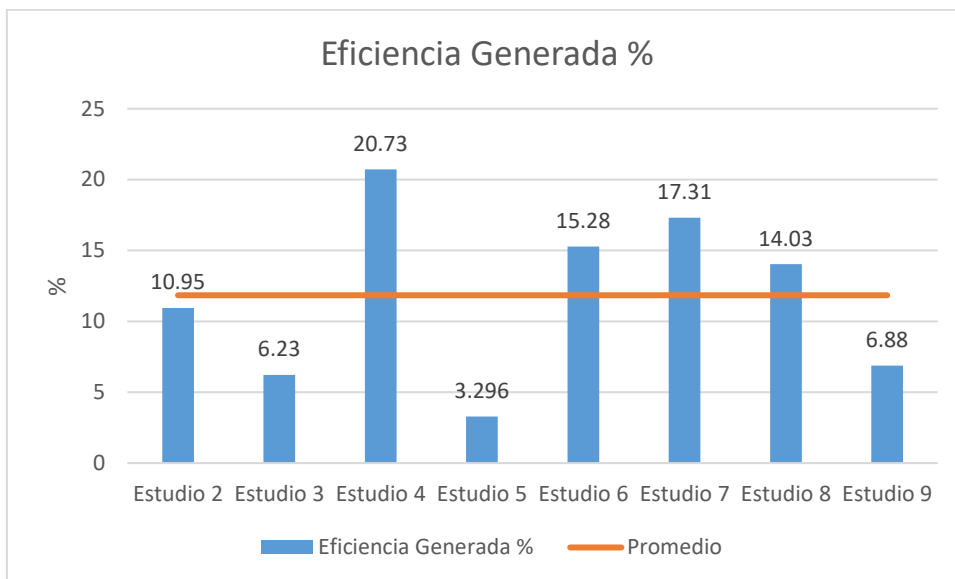


Figura 3. Valores de eficiencia generada – Monocristalino.

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la eficiencia generada en los 8 estudios seleccionados que tuvieron resultados para esa variable, a su vez se observa la media de todos los datos recopilados.

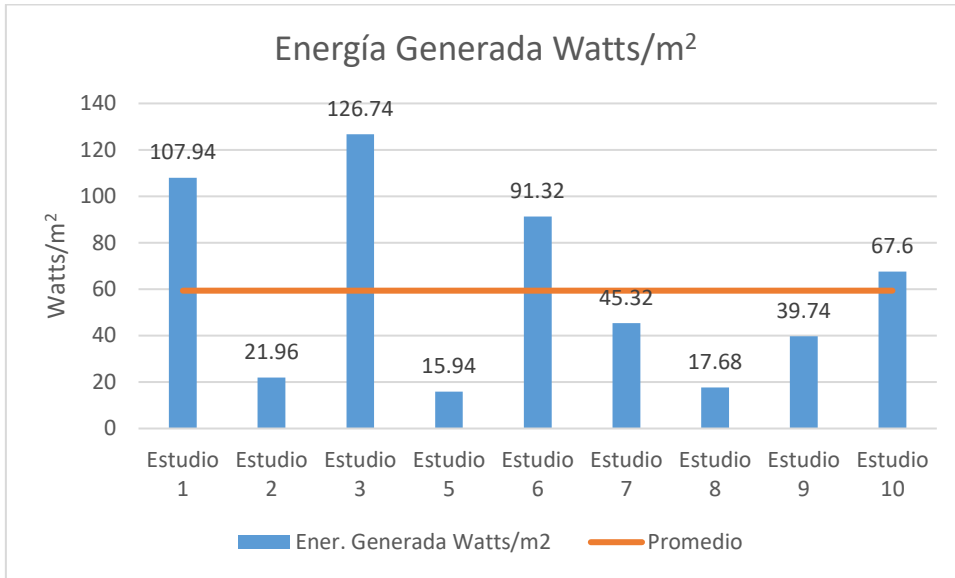
### 3.3. Evaluación de resultados de paneles Fotovoltaicos Policristalinos

**Tabla 6**

*Evaluación de Energía Generada y Eficiencia - Policristalino*

<b>Estudios</b>	<b>Energía Generada (Watts/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Eficiencia %</b>
Estudio 1: Norma (2018)	107.94	11.09
Estudio 2: Martínez (2017)	21.96	4.09
Estudio 3: Velázquez (2018)	126.74	4.67
Estudio 4: Aguirre (2016)	N/A	13.99
Estudio 5: Barboza (2013)	15.94	3.154
Estudio 6: Elamim (2017)	91.32	15.17
Estudio 7: Vega (2013)	45.32	10.88
Estudio 8: Hernandez (2011)	17.68	13.64
Estudio 9: Huamán (2018)	39.74	6.70
Estudio 10: Mamani (2019)	67.6	12.11
<b>Promedio</b>	<b>59.36 Watts/m<sup>2</sup></b>	<b>9.549 %</b>

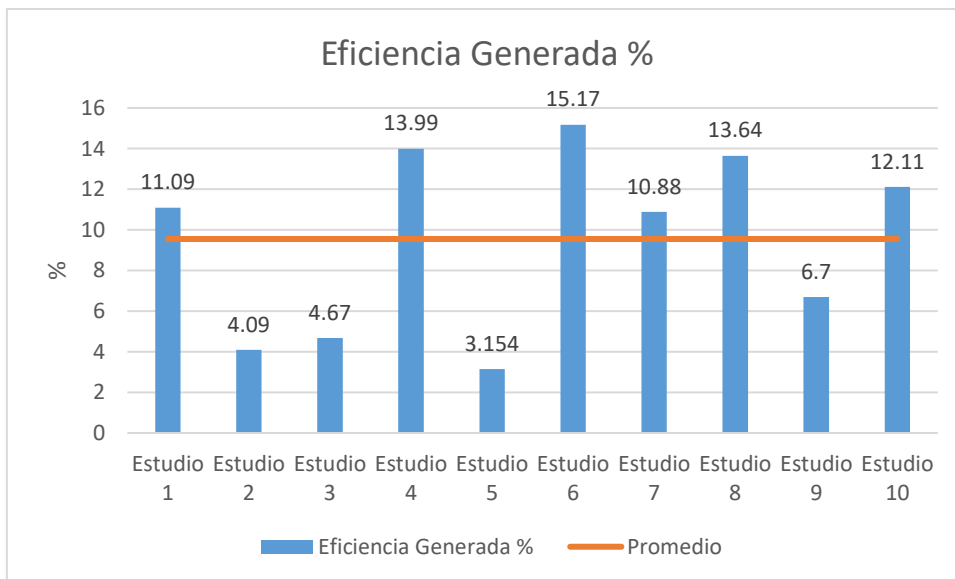
En la Tabla 3 se observan los datos correspondientes a los 10 estudios analizados para las variables correspondientes a los paneles Fotovoltaicos Policristalinos.



*Figura 4.* Valores de energía generada – Policristalino.

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la radiación generada en los 9 estudios seleccionados que presentaron un desarrollo con la variable indicada, a su vez se observa la media de todos los datos recopilados.

*Figura 5.* Valores de Eficiencia Generada - Policristalino



*Figura 5.* Valores de eficiencia generada – Policristalino.

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la radiación generada en los 10 estudios seleccionados, a su vez se observa la media de todos los datos recopilados.

### 3.4. Resultados de parámetros meteorológicos de los diferentes estudios

**Tabla 7**

*Resultados de temperatura e irradiación - Monocristalino.*

<b>Estudios</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Irradiación (Watts/m<sup>2</sup>)</b>
Estudio 1: Norma (2018)	N/A	N/A
Estudio 2: Martínez (2017)	19.63	232.2
Estudio 3: Velázquez (2018)	31.23	2710
Estudio 4: Aguirre (2016)	38.47	N/A
Estudio 5: Barboza (2013)	N/A	505.34
Estudio 6: Elamim (2017)	N/A	600
Estudio 7: Vega (2013)	32.49	373.8
Estudio 8: Hernandez (2011)	N/A	150.91
Estudio 9: Huamán (2018)	17.28	611.32
Estudio 10: Mamani (2019)	N/A	N/A
<b>Promedio</b>	<b>27.82 °C</b>	<b>740.51 Watts/m<sup>2</sup></b>

En la Tabla 4 se observan los datos correspondientes a los 10 estudios analizados para las variables temperaturas e irradiación de los paneles Fotovoltaicos Monocristalinos.

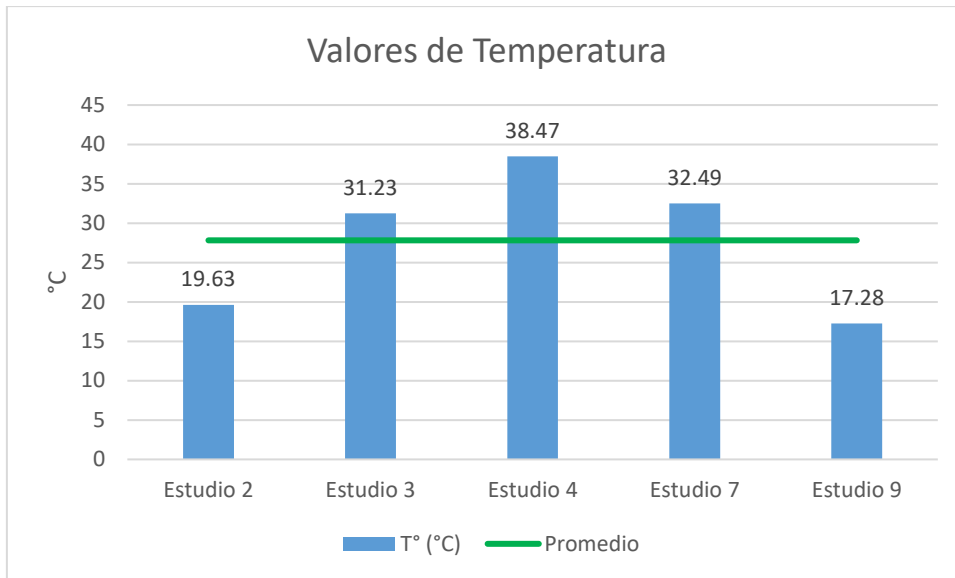


Figura 6 Valores de temperatura registrada – Monocristalino.

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la temperatura registrada en los 5 estudios seleccionados que desarrollaron el estudio de esta variable, a su vez la media de todos los datos recopilados.

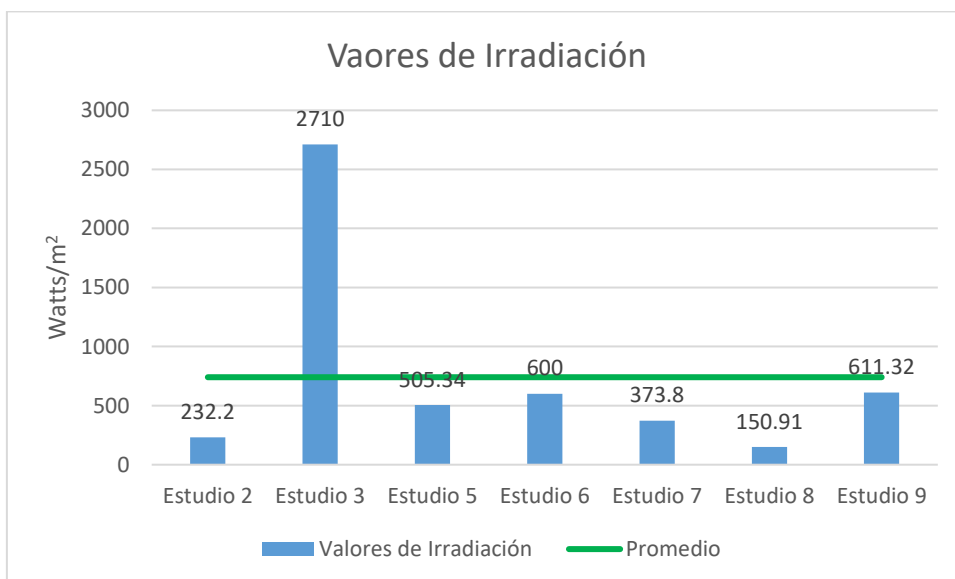


Figura 7. Valores de irradiación registrada – Monocristalino.

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la irradiación registrada en los 7 estudios seleccionados que desarrollaron el estudio de esta variable, a su vez la media de todos los datos recopilados.

**Tabla 8**
*Resultados de Temperatura e Irradiación - Policristalino*

<b>Estudios</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Irradiación (Watts/m<sup>2</sup>)</b>
Estudio 1: Norma (2018)	42.57	965
Estudio 2: Martínez (2017)	19.62	390.2
Estudio 3: Velázquez (2018)	31.23	2710
Estudio 4: Aguirre (2016)	39.93	N/A
Estudio 5: Barboza (2013)	N/A	480.01
Estudio 6: Elamim (2017)	N/A	600
Estudio 7: Vega (2013)	32.77	425.9
Estudio 8: Hernandez (2011)	N/A	150.91
Estudio 9: Huamán (2018)	17.28	611.32
Estudio 10: Mamani (2019)	15.12	594.75
<b>Promedio</b>	<b>28.36 °C</b>	<b>769.78 Watts/m<sup>2</sup></b>

En la Tabla 8 se observan los datos correspondientes a los 10 estudios analizados para las variables temperaturas e irradiación de los paneles Fotovoltaicos Policristalinos.

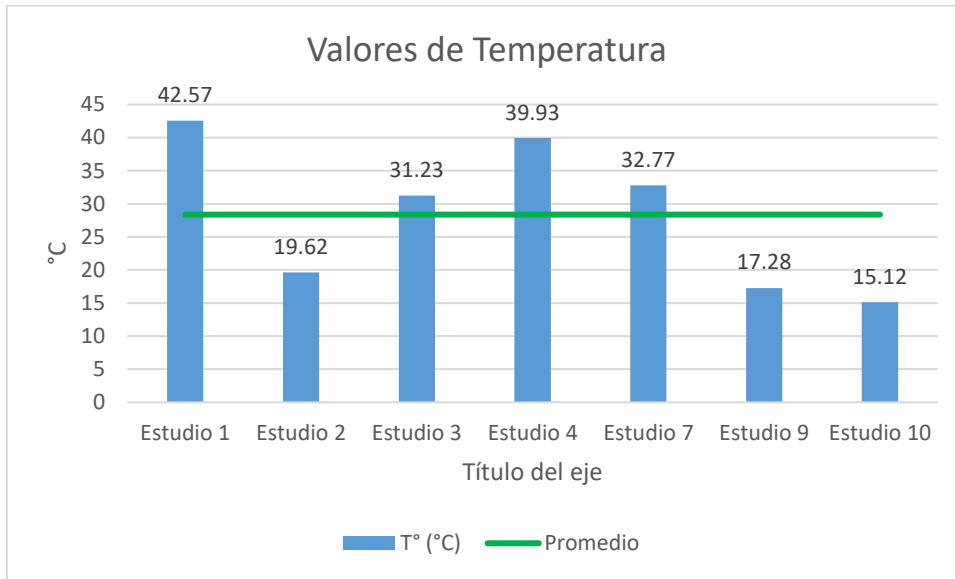


Figura 8. Valores de temperatura registrada – Policristalino

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la temperatura registrada en los 7 estudios seleccionados que monitorearon esta variable, a su vez la media de todos los datos recopilados.

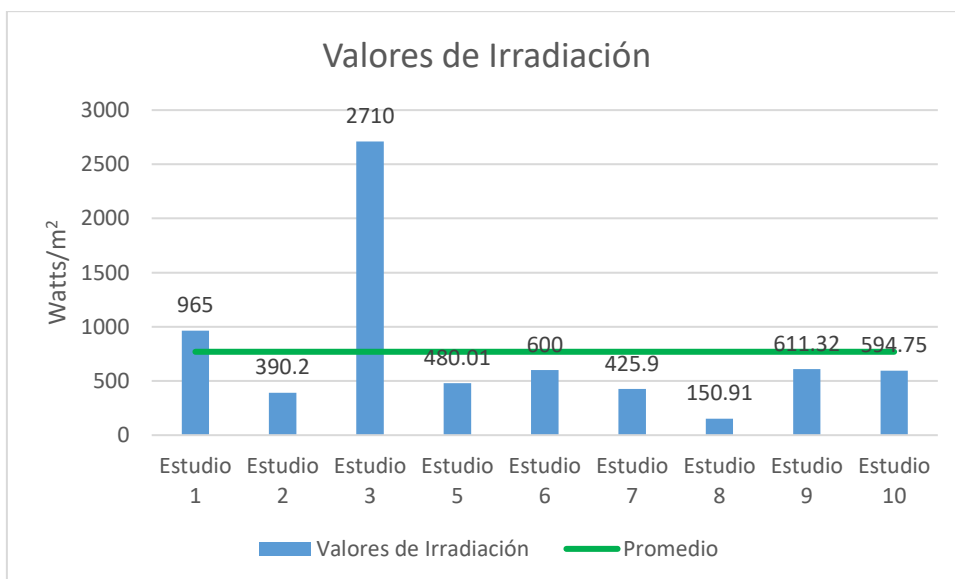


Figura 9. Valores de Irradiación – Policristalino

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la irradiación registrada en los 9 estudios seleccionados que monitorearon esta variable, a su vez la media de todos los datos recopilados.

### 3.5. Relación de las Variables Climáticas.

Como se mencionó en el marco teórico la variable que determina la generación de energía en los paneles solares es la irradiación emitida por el sol, ya que la eficiencia en los paneles viene dada por la potencia de entrada que corresponde a la Irradiación ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) sobre la potencia de salida determinada por el voltaje y corriente del panel solar. Por tal razón se realizó graficas que muestran la relación existente entre las variables Irradiación y Temperatura para observar el impacto que pueden tener sobre la potencia generada en los paneles.

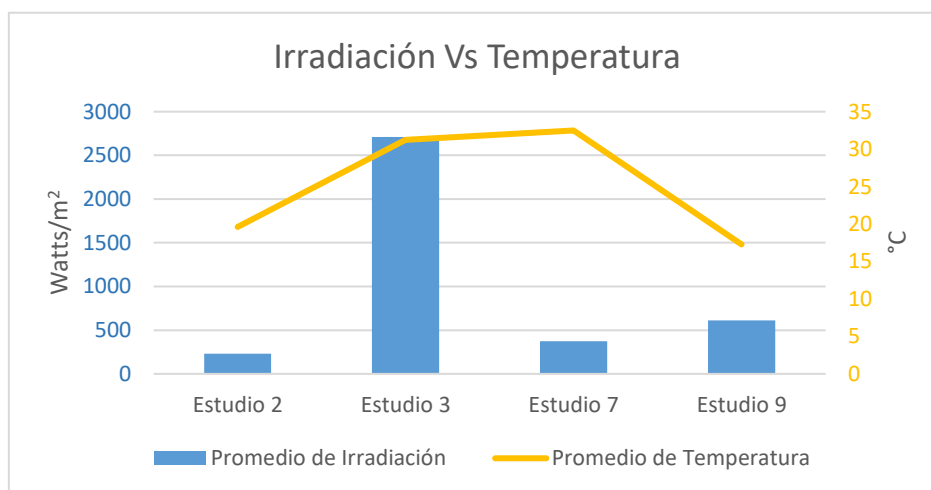


Figura 10. Valores Irradiación Vs Temperatura - Monocristalino

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de irradiación vs la temperatura en los 4 estudios seleccionados que tuvieron resultados para estas dos variables. En la gráfica se aprecia que los niveles de la Irradiación ( $\text{Watts}/\text{m}^2$ ) se comportan con correspondencia a los niveles de la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), logrando observar que cuando sube la Irradiación también sube la temperatura.



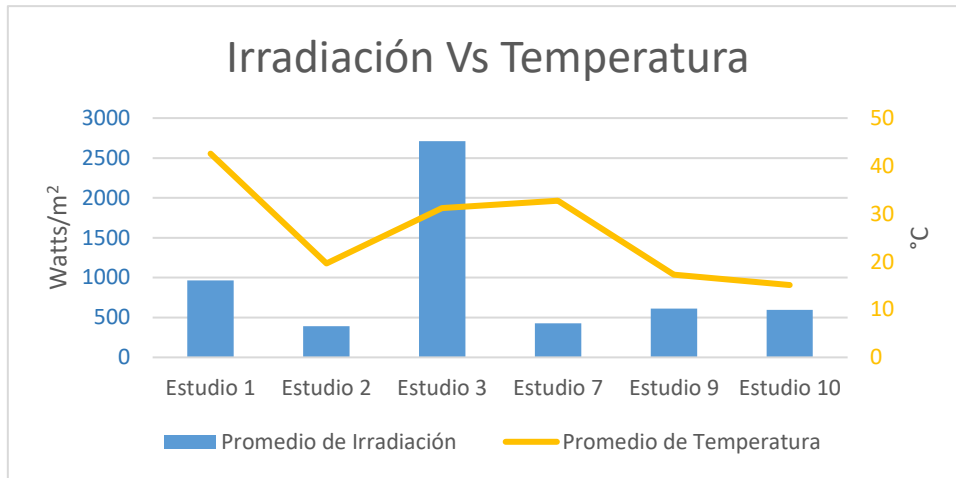


Figura 11. Valores Irradiación Vs Temperatura - Policristalino

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la irradiación vs la temperatura en los 6 estudios seleccionados que tuvieron resultados para estas dos variables. En la gráfica se aprecia que los niveles de la Irradiación (Watts/m<sup>2</sup>) se comportan con correspondencia a los niveles de la temperatura (°C), logrando observar que cuando sube la Irradiación también sube la temperatura.

### 3.6 Relación de la Irradiación con Potencia Generada.

Una vez se consideró la relación entre las variables climáticas y la Irradiación, se procede a considerar la potencia generada por los dos tipos de paneles ante las diferentes condiciones ambientales identificadas en los estudios seleccionados.

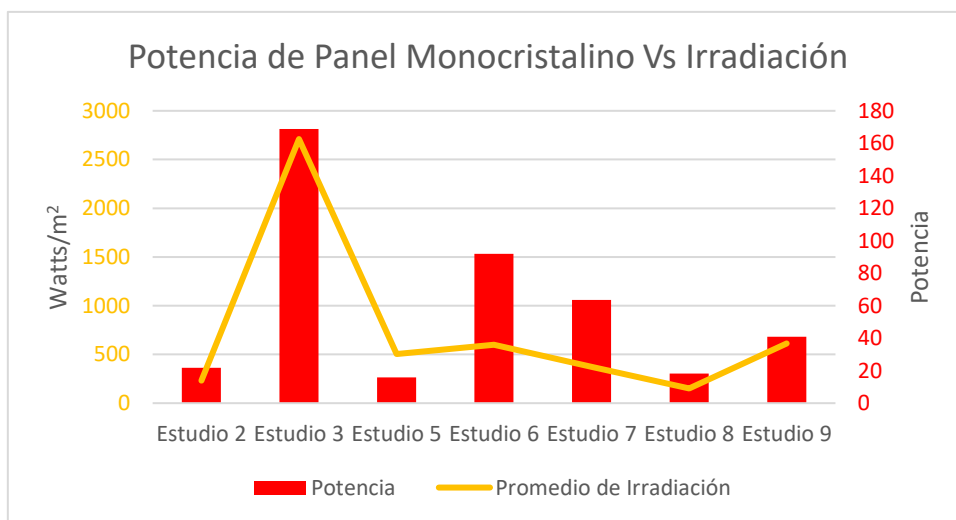


Figura 12. Valores de Potencia Vs Irradiación - Monocristalino.

En la figura 12 correspondiente a los datos recopilados de los 7 estudios que lograron tener un análisis de las variables potencia del panel e irradiación solar. En la gráfica se puede apreciar la relación entre la Irradiación (anaranjado) y la potencia generada del panel Monocristalino (rojo). En la parte derecha de la gráfica esta la escala de la potencia del panel solar Policristalino, en esta se puede ver que la potencia generada llega hasta los 168.87 Watts/m<sup>2</sup>. En la parte izquierda tenemos la escala de la Irradiación logrando niveles máximos de 2710 Watts/m<sup>2</sup>; por otro lado, como valores mínimos para la potencia se tiene 15.82 Watts/m<sup>2</sup> para un valor de 505.34 Watts/m<sup>2</sup> de irradiación.

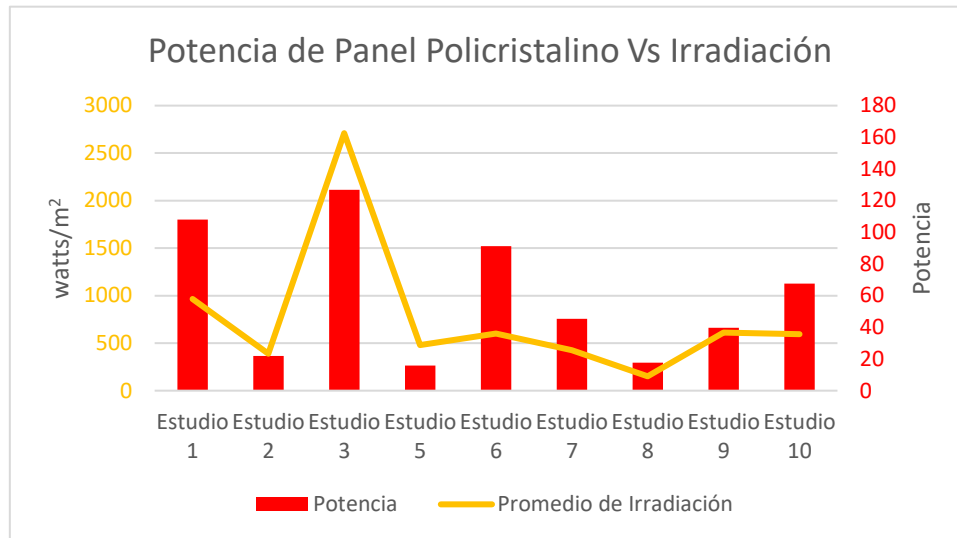


Figura 13. Valores de Potencia Vs Irradiación - Policristalino

En la figura 13 correspondiente a los datos recopilados de los 9 estudios que lograron tener un análisis de las variables potencia del panel e irradiación solar. En la gráfica se puede apreciar la relación entre la Irradiación (celeste) y la potencia generada del panel Policristalino (naranja). En la parte derecha de la gráfica esta la escala de la potencia del panel solar Policristalino, la cual llega hasta los 126 Watts/m<sup>2</sup>. En la parte izquierda tenemos la escala de la Irradiación logrando niveles máximos de 2710 Watts/m<sup>2</sup>; por otro lado, como más bajos valores para la potencia se tiene 15.94 Watts/m<sup>2</sup> para un valor de 480.01 Watts/m<sup>2</sup> de irradiación.

### 3.7. Comparación de variables climáticas con la ciudad de Cajamarca

A continuación, se determina cuál de los 10 estudios analizados cuenta con una mayor semejanza en cuanto a condiciones climáticas con la ciudad de Cajamarca.

**Tabla 9**

*Comparación de Variables Climáticas con la Ciudad de Cajamarca*

Ciudad	Estudios seleccionados										
	Cajamarca	Norma (2018)	Martínez (2017)	Velázquez (2018)	Aguirre (2016)	Barboza (2013)	Elamim (2017)	Vega (2013)	Hernández (2011)	Huamán (2018)	Mamani (2019)
País	Perú	México	Colombia	Ecuador	Colombia	Colombia	Marruecos	España	El Salvador	Perú	Perú
Temperatura Ambiente (°C)	14.3	-	12.9	23.5	20.5	12.9	22.3	14.6	23.3	7.5	8.3
Humedad Relativa (%)	0.74	-	0.73	0.84	82	0.73	0.76	0.55	0.72	0.71	0.58
Altura (M.S.N.M)	2750	-	2640	350	1018	2640	15	820	658	3399	3827
Precipitación (mm)	243	-	90	48	274	90	34	34	131	106.5	99.1

En la tabla 9 se aprecia los valores correspondientes a los 10 estudios en cuanto a condiciones climáticas, los valores indicados para la ciudad de fueron obtenidos del Sistema de información geográfica fotovoltaica y contrastados con la información mensual del servicio de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI)

### 3.8. Estudio de las variables climatológicas seleccionadas

Se determinará de manera específica las semejanzas existen entre las condiciones climatológicas del Estudio en la ciudad de Bogotá y la de Cajamarca.

**Tabla 10**

Resultados de Irradiación Solar - Bogotá

Mes	Promedio Irradiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Enero	300.3
Febrero	270.3
Marzo	238.2
Abril	233.6
Mayo	247.0
Junio	265.3
Julio	281.2

Mes	Promedio Irradiación Solar (W/m <sup>2</sup> )
Agosto	257.8
Setiembre	263.6
Octubre	252.4
Noviembre	244.3
Diciembre	278.7
<b>Irradiación Promedio</b>	<b>261,0</b>

Fuente: Martínez (2017)

En la Tabla se observan los datos obtenidos para el parámetro irradiación en los doce meses de monitoreo del año correspondiente al 2017.

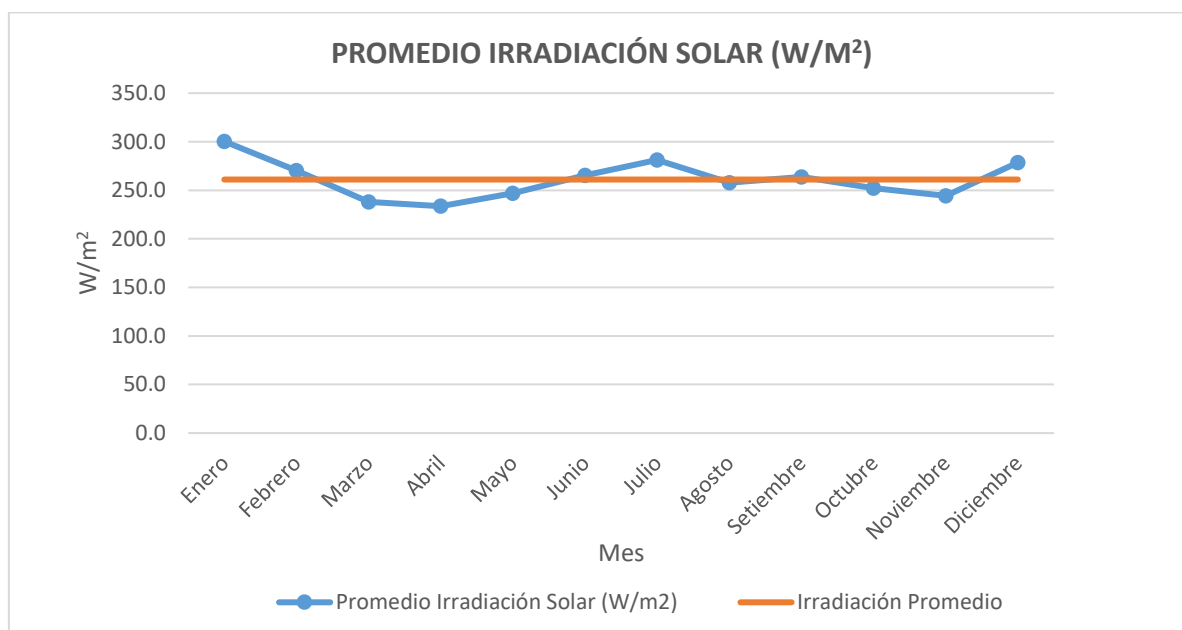


Figura 14. Valores de radiación solar - Bogotá

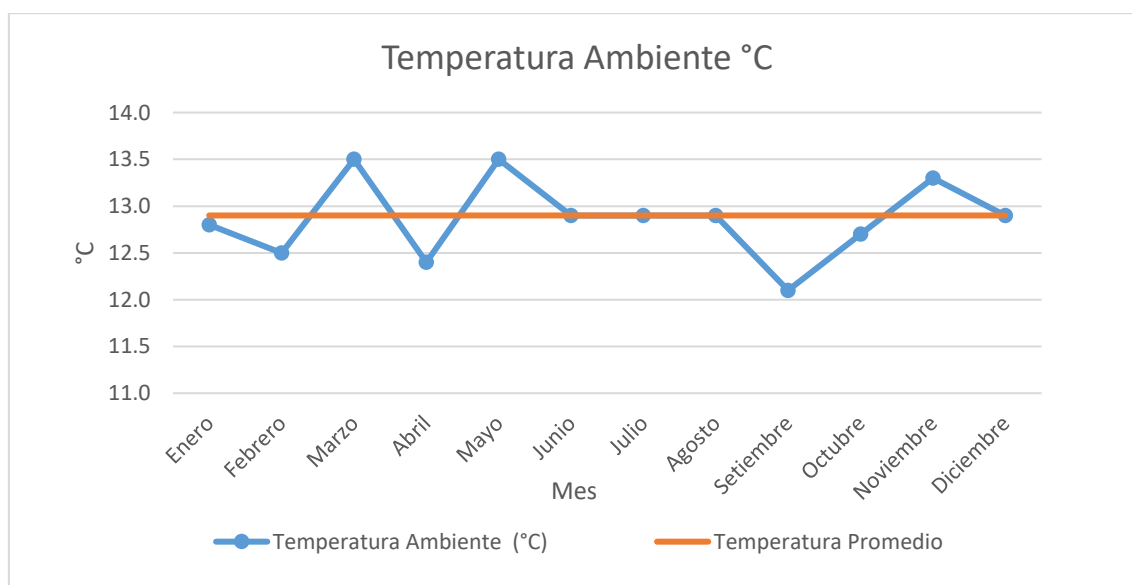
**Tabla 11**

*Resultados de Temperatura Ambiente - Bogotá.*

Mes	Temperatura Ambiente (°C)
Enero	12.8
Febrero	12.5
Marzo	13.5
Abril	12.4
Mayo	13.5
Junio	12.9
Julio	12.9
Agosto	12.9
Setiembre	12.1
Octubre	12.7
Noviembre	13.3
Diciembre	12.9
<b>Temperatura Promedio</b>	<b>12.9</b>

Fuente: Martínez (2017)

En la Tabla 13 se observan los datos obtenidos para el parámetro temperatura ambiente en los doce meses de monitoreo del año correspondiente al 2017, así como la temperatura media de todos los datos recopilados de la ciudad de Bogotá.



*Figura 15. Valores de temperatura ambiente - Bogotá*

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la temperatura ambiente en los doce meses pertenecientes al año 2017, a su vez se observa la temperatura ambiente media calculada a partir de todos los datos recopilados.

**Tabla 12**

*Resultados de Velocidad del Viento - Bogotá*

Mes	Velocidad media del viento (m/s)
Enero	2.2
Febrero	2.3
Marzo	2.2
Abril	2.0
Mayo	2.1
Junio	2.6
Julio	2.9
Agosto	2.8
Setiembre	2.6
Octubre	2.3
Noviembre	2.2
Diciembre	2.3
<b>Velocidad Promedio</b>	<b>2.4</b>

Fuente: Martínez (2017)

En la Tabla 11 se observan los datos obtenidos para el parámetro velocidad del viento en los doce meses de monitoreo del año correspondiente al 2017, así también se observa la velocidad media calculada a partir de los datos recopilados.

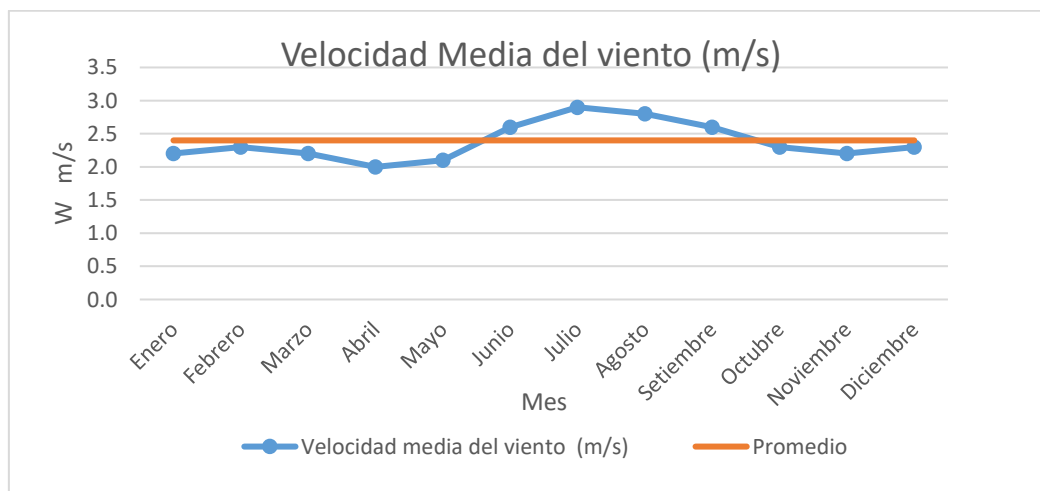


Figura 16. Valores de Velocidad del Viento - Bogotá

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de velocidad del viento en los doce meses pertenecientes al año 2017, a su vez se observa la velocidad del viento media calculada a partir de todos los datos recopilados.

**Tabla 13**

*Resultados de Humedad Relativa - Bogotá.*

Mes	Humedad Relativa (%)
Enero	79
Febrero	80
Marzo	81
Abril	83
Mayo	82
Junio	79
Julio	77
Agosto	76
Setiembre	79
Octubre	83
Noviembre	84
Diciembre	81
<b>Humedad Promedio</b>	<b>80</b>

Fuente: Martínez (2017)

Figura 17. Valores de Humedad Relativa - Bogotá

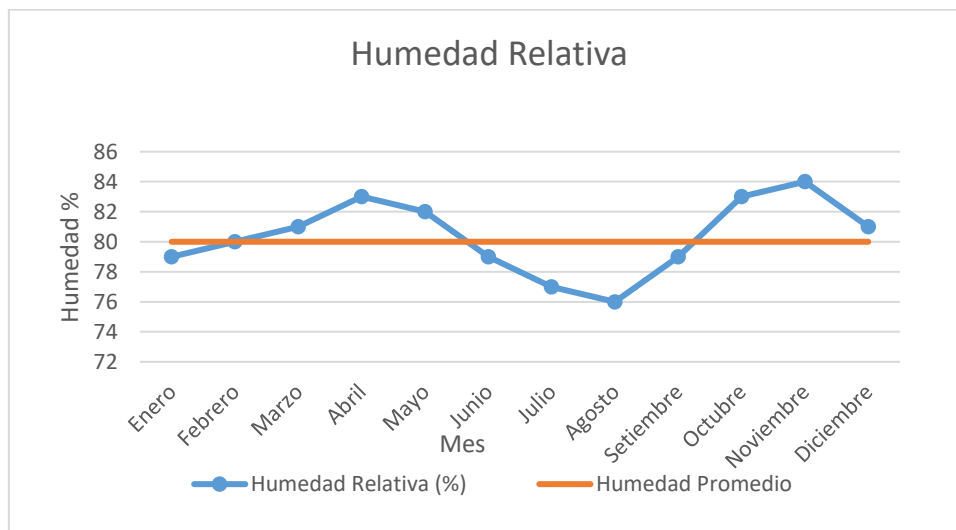


Figura 17. Valores de Humedad Relativa - Bogotá

Se puede observar de manera comparativa los valores obtenidos de la humedad relativa en los doce meses pertenecientes al año 2017, a su vez se observa la humedad relativa media calculada a partir de todos los datos recopilados.

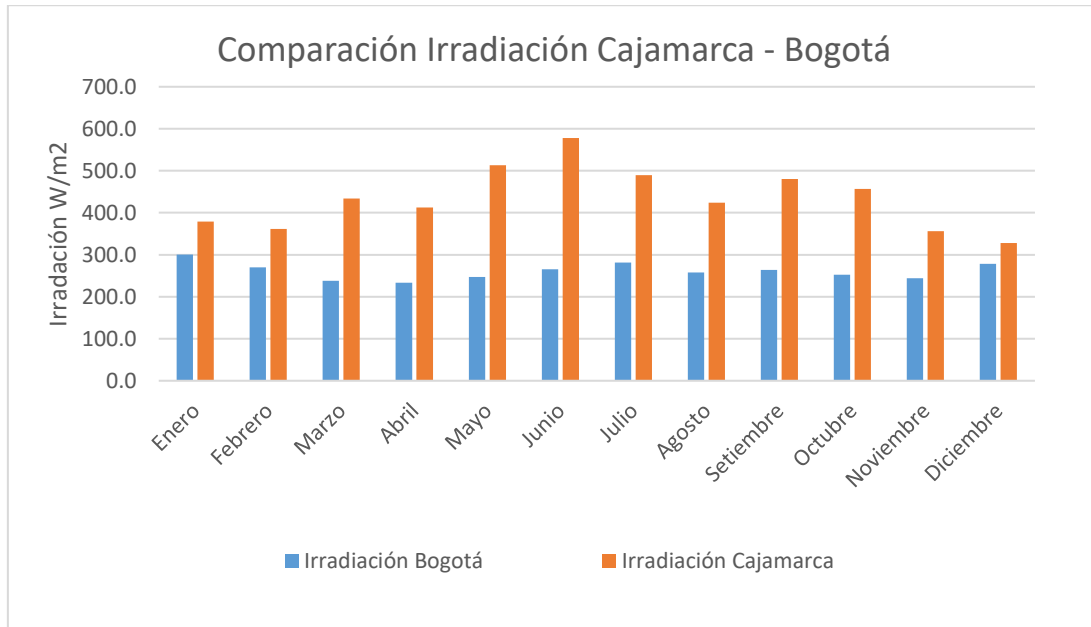


Figura 18. Comparación de Irradiación Bogotá – Cajamarca

Podemos observar la comparación entre los niveles de irradiación de las ciudades, verificando similitud en los primero y últimos meses del año.

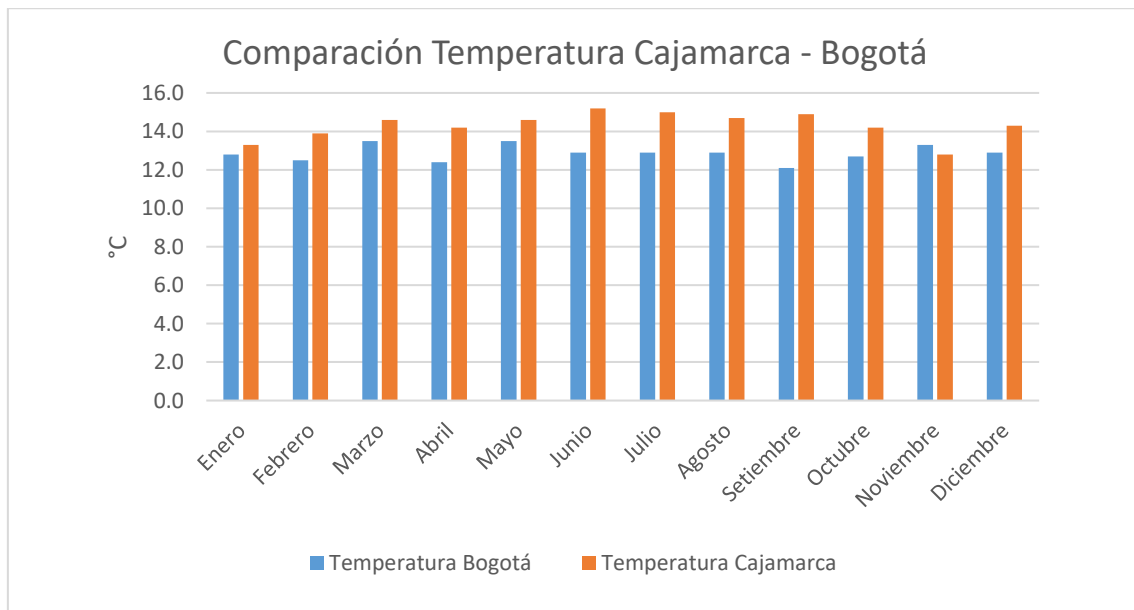


Figura 19. Comparación de Temperatura Bogotá - Cajamarca



Podemos observar la comparación de temperatura entre las diferentes ciudades a manera de verificar el grado de similitud que hay entre ellas.

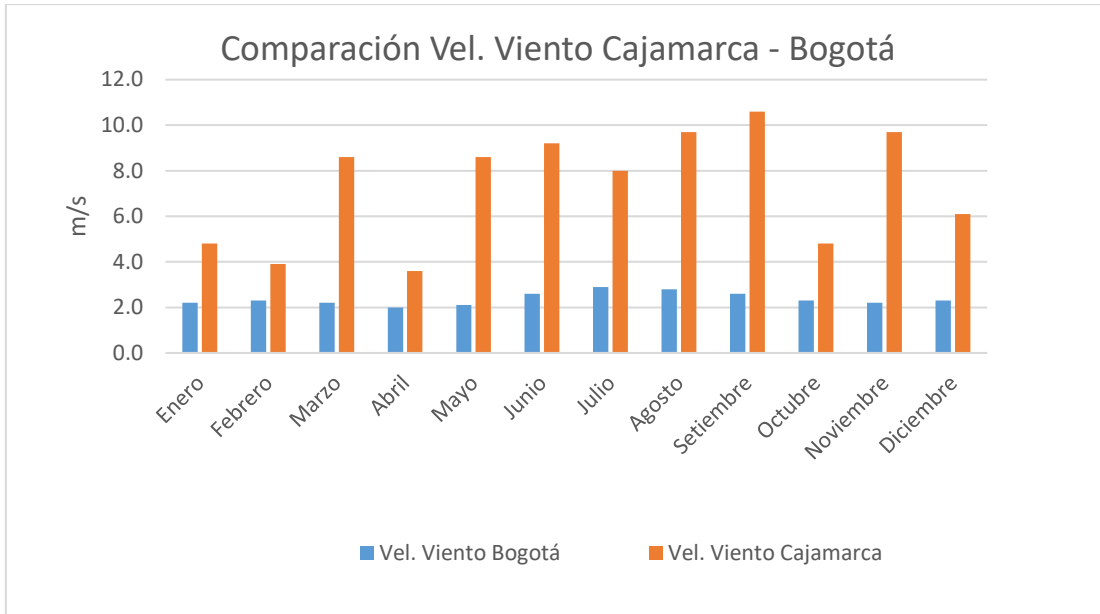


Figura 20. Comparación de Velocidad del Viento Bogotá - Cajamarca

Se puede verificar que, a diferencia del resto de las variables climatológica, en esta en específico no se encuentra un alto nivel de similitud entre las ciudades.

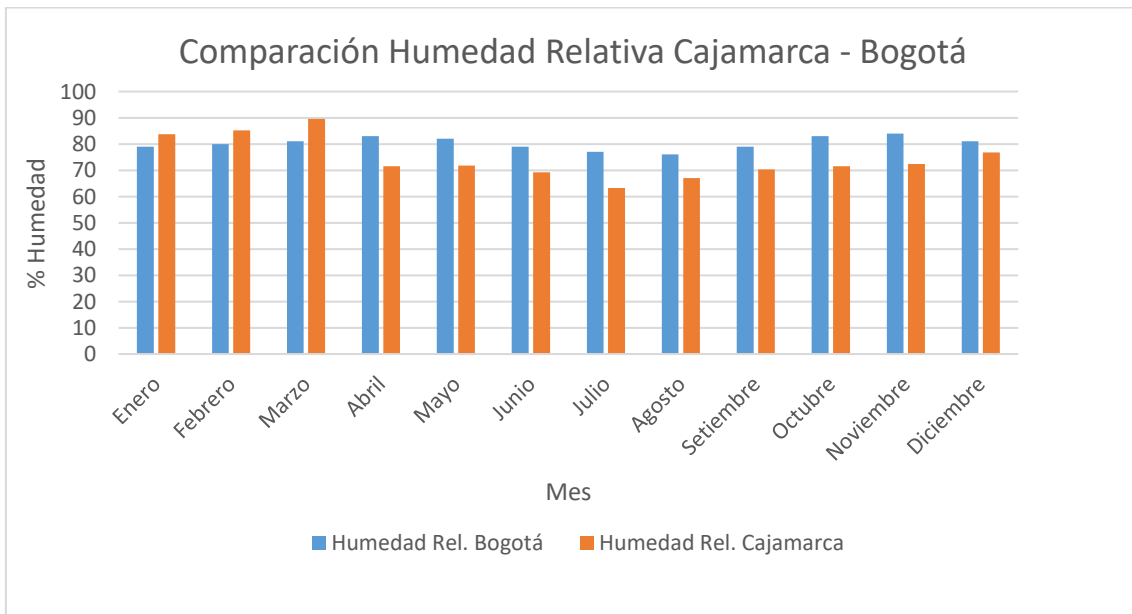


Figura 21. Comparación de Humedad Relativa Bogotá - Cajamarca

Podemos observar la comparación de la humedad relativa entre las diferentes ciudades escogidas a manera de verificar la similitud de ellas.

**Tabla 14**

*Resultados meteorológicos de la ciudad de Bogotá.*

**Colombia - Bogotá**

Mes	Promedio Irradiación Solar (W/m <sup>2</sup> )	Temperatura Ambiente (°C)	Velocidad media del viento (m/s)	Humedad Relativa (%)
Enero	300.3	12.8	2.2	83.8
Febrero	270.3	12.5	2.3	85.22
Marzo	238.2	13.5	2.2	89.6
Abril	233.6	12.4	2.0	71.6
Mayo	247.0	13.5	2.1	71.8
Junio	265.3	12.9	2.6	69.2
Julio	281.2	12.9	2.9	63.2
Agosto	257.8	12.9	2.8	67
Setiembre	263.6	12.1	2.6	70.3
Octubre	252.4	12.7	2.3	71.5
Noviembre	244.3	13.3	2.2	72.4
Diciembre	278.7	12.9	2.3	76.8
<b>Promedio</b>	<b>261.0</b>	<b>12.9</b>	<b>2.4</b>	<b>74.36</b>

Como mencionamos en nuestro marco teórico, la variable que establece la efectividad en la generación de la energía es la irradiancia, por tal motivo, se realizaron gráficos a manera de identificar el nivel de relación que existe entre de las variables climatológicas respecto a la irradiancia.

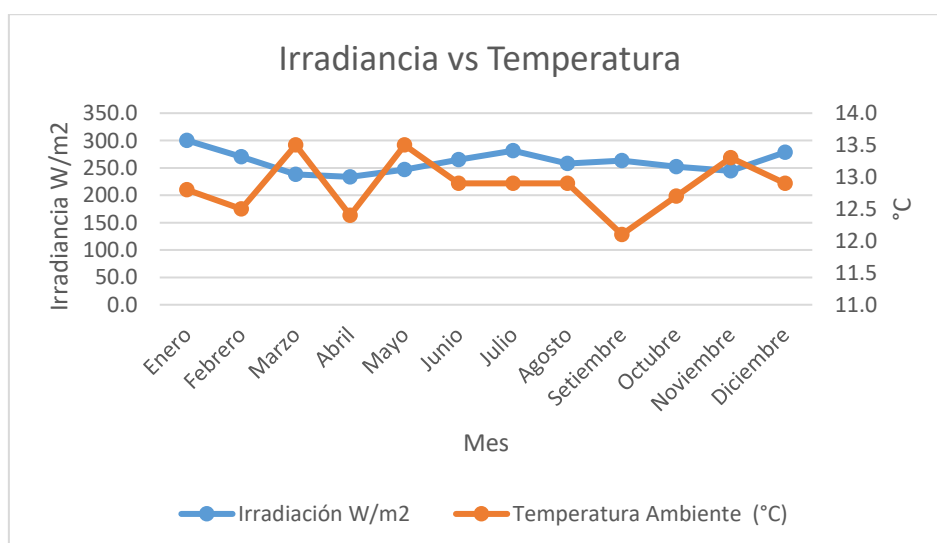


Figura 22 Irradiancia vs Temperatura

Podemos observar que, el pico de temperatura no es condicional para una mayor irradiación, sin embargo, hay que tener en cuenta que esta región tiene temperaturas medias mensuales muy similares.

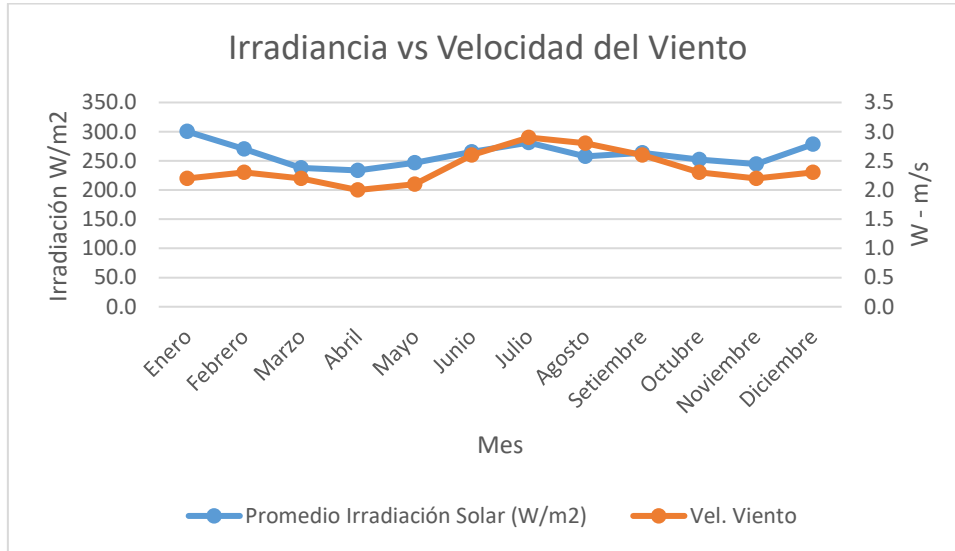


Figura 23. Irradiancia vs Velocidad del viento

Podemos apreciar una ligera similitud cuando ambas variables se elevan en los meses de marzo- junio. De igual manera en el mes de agosto, se aprecian una semejanza teniendo los valores más altos para ambas variables (Irradiación – Viento).

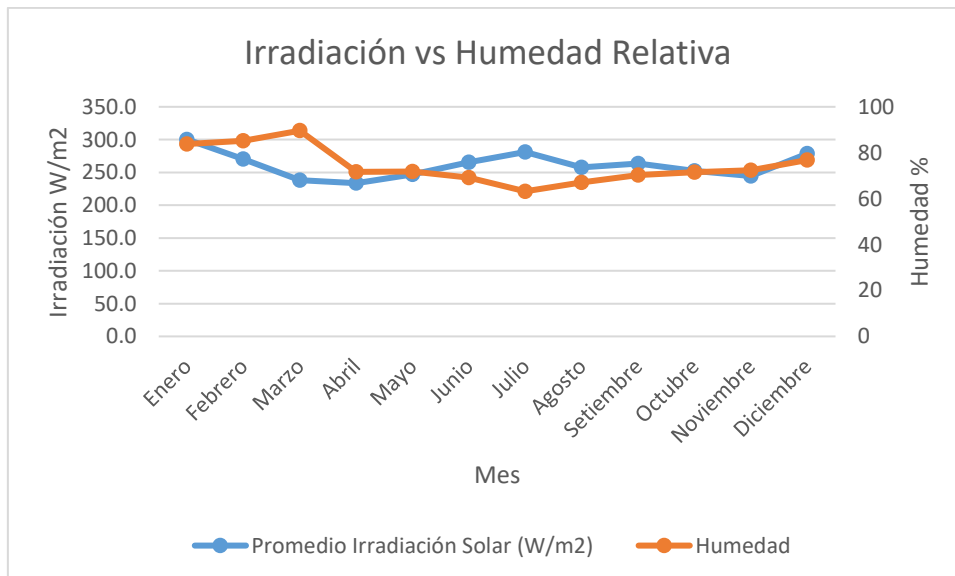


Figura 24. Irradianción vs Humedad relativa

Podemos observar que, aunque en el mes de marzo se aprecia que no hay una correlación entre los datos, en los meses de agosto a diciembre si se observa una similitud plausible a medida que los datos van acrecentando.

## CAPITULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

En el estudio analizado de Martínez (2017) se llega a tener como resultados que el Panel Monocristalino presenta una eficiencia de 10.85% frente al Policristalino, el cual tuvo un rendimiento de 4.09%; estos resultados se reiteran en la investigación de Velázquez (2018) donde se tiene como resultados 6.23% y 4.67% para rendimiento de Monocristalino y Policristalino; demostrándose que los paneles fotovoltaicos Monocristalinos presentan una mayor eficiencia independientemente de las condiciones climáticas.

En cuanto a las Variables correspondientes a la Irradiación y producción de energía se llega tener que en el estudio realizado por Martínez (2017) se tiene un promedio de Irradiación de 2710 Watts/m<sup>2</sup> y una Potencia generada de 168.87 Watts/m<sup>2</sup> generada por el panel Monocristalino; mientras que en Elamim (2017) logro tener una radiación de 600 Watts/m<sup>2</sup> y una Potencia en el panel de 91.85 Watts/m<sup>2</sup>; estos resultados plasmados en la Figura 12 y 13 corroboran la relación directamente proporcional que se tiene para la producción de energía.

En lo que respecta a variables climáticas y la generación de energía de los paneles se verifica de acuerdo a los gráficos de irradiación vs temperatura que en la comparación de estas variables el panel Monocristalino muestra una evidente relación entre los Watts/m<sup>2</sup> medidos y la temperatura, observando que el nivel de irradiación más alto (2710Watts/m<sup>2</sup>) coincide con una de las temperaturas más altas de los estudios (32.49 °C). Esto ocurre de la misma forma con el nivel de irradiación menor (232.2 Watts/m<sup>2</sup>), coincidiendo con una de las temperaturas más bajas entre los estudios (31.3 °C). Así mismo, en el caso del panel

Policristalino, se observa la misma tendencia de relación lineal positiva entre estas variables.

Por otro lado, se pudo determinar que de acuerdo a la similitud de las condiciones climáticas de la ciudad de Bogotá y Cajamarca se puede desprender que la generación de energía por un panel Monocristalino y Policristalino estarán en un promedio cercano de 21.78 Watts/m<sup>2</sup> y 21.96 Watts/m<sup>2</sup> con una eficiencia de 10.95% y 4.1% respectivamente conforme a los resultados obtenidos en el estudio contrastado.

Como se muestra en la tabla número 8, fue seleccionado el estudio de Martínez (2017) para simular un rendimiento supuesto en la ciudad de Cajamarca. Esto a razón de la gran similitud en variables meteorológicas que presentan estas ciudades. En tal sentido, específicamente en la variable de temperatura presenta una similitud del 90.2 %, irradiación media 60.08%, en humedad relativa 98.64 %, precipitación 37.03 % y en la variable altura (m.s.n.m) una similitud del 96%. Que en acumulación nos da un factor de similitud del 76.39 % en cuanto a condiciones climatológicas se refiere respecto a estas ciudades.

Finalmente, como es evidente en el desarrollo de los resultados, al no tener estudios que se hayan enfocado en todas las variables analizadas debido a las mismas limitaciones establecidas por los diferentes estudios, no se pudo tener un análisis al 100% de todas las variables en todos los estudios seleccionados; es por ello que no se pudo ahondar en las demás variables climáticas para su análisis.

## 4.2 Conclusiones

Se evaluó los rendimientos de los paneles fotovoltaicas Monocristalinos y Policristalinos en los diferentes estudios analizados acorde a las condiciones meteorológicas presentes de cada uno, obteniendo como resultado que el sistema con el más óptimo rendimiento en diferentes condiciones climáticas es el Monocristalino, el cual obtuvo una eficiencia promedio para todos los estudios de 11.83% superior al 9.55% obtenido para los paneles Policristalinos; este resultado corresponde a estudios seleccionados dentro de los últimos 10 años.

Se verificó que las variables Irradiación y Potencia son directamente proporcionales y por ende están relacionadas con la generación de energía y la eficiencia desarrollada por cada tipo de tecnología frente a las diferentes condiciones presentes en los estudios; se obtuvo un promedio de 60.13 Watts/m<sup>2</sup> frente a 59.36 Watts/m<sup>2</sup> obtenido por los paneles Monocristalinos.

Se determinó la existencia de una relación proporcional directa entre las variables climáticas evaluadas en los diferentes estudios seleccionados sobre la generación de energía; como se verifica en las figuras 10 y 11 correspondientes a Potencia y Temperatura para ambas tecnologías.

Dado que la irradiación está plenamente relacionada con los factores climáticos de acuerdo a los resultados evidenciados en este estudio, se ha concluido que los mayores niveles de eficiencia son obtenidos a la par de un alto nivel de irradiación, puesto que el aumento de esta última proporciona una condición favorable en la obtención de energía por parte de

los paneles. Por tal, se evidencia que entre las variables climáticas y el nivel de eficiencia de los paneles solar hay una relación lineal positiva, debido a que, si hay condiciones favorables, la producción de energía será mayor, de lo contrario, los niveles de producción serán menores.

Se contrasto las condiciones climáticas de la Ciudad de Cajamarca con los diferentes estudios seleccionados, lo cual se precisa en la Tabla 9 donde se obtuvo un alto grado de compatibilidad con uno de los estudios seleccionados. De acuerdo con los datos obtenidos, las proyecciones realizadas y el nivel de similitud que se tiene con respecto al estudio de Martínez (2017) 76.39%, estudio realizado en la ciudades de Bogotá - Colombia, se evalúa que la aplicabilidad de estas tecnologías para la Ciudad de Cajamarca tiene gran viabilidad, considerando que los paneles Monocristalinos presentan mayor efectividad de acuerdo al estudio en comparación; y sirviendo como punto de partida estudios y proyectos que se hayan desarrollado en esta región para poder calzar fácilmente estos a nuestra realidad.

## REFERENCIAS

- Aguirre L, Á., Hernández B., D., Ordoñez , L., & Martinez, L. (2016). *Virtual Pro*.  
Obtenido de Virtual Pro: <https://www.virtualpro.co/descarga/comparacion-de-eficiencias-de-conversion-de-energia-en-celdas-fotovoltaicas-de-silicio-monocristalino-policristalino-y-amorfo-para-mediciones-meteorologicas-de-la-ciudad-santiago-de-cali>
- Allot, K. (2011). *El Informe de la Energía Renovable*. ESTADOS UNIDOS: WWF-MEXICO.
- André, F. J., Castro, L. M., & Cerdá, E. (2012). *Dialnet*. Obtenido de Revistasice: <http://www.revistasice.com/index.php/CICE/article/view/6031/6031>
- Argote Perez, D., & Acosta Arámbulo, P. (09 de agosto de 2010). *SliderShare*.  
Obtenido de <https://es.slideshare.net/merlina10/diseo-no-experimental-transversal-252>
- Banco Mundial. (03 de Septiembre de 2020). *Cambio climático*. Obtenido de Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview>
- Blas, D. (2011). *Energía Solar Fotovoltaica*. Obtenido de CORE: <https://core.ac.uk/download/pdf/289971257.pdf>
- Briano, J., Báez, M., & Morales, R. (Mayo de 2016). *scioteca*. Obtenido de <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/963/Reporte%20EE%20en%20Per%C3%BA.pdf?sequence=1>
- Camacho Camacho, H. (mayo de 2013). *Repository- U Sergio Arboleda*. Obtenido de Repository- U Sergio Arboleda:



<https://repository.usergioarboleda.edu.co/bitstream/handle/11232/831/Estudio%20comparativo%20entre%20variables%20fotovoltaicas%20de%20dos%20sistemas%20de%20paneles%20solares%20en%20Bogot%C3%A11.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Flores Rivera, N. R., & Domínguez Ramírez, M. Á. (2012). *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio*. Obtenido de CIMAV:

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/791/1/Norma%20Rosario%20flores%20Rivera%20C%20Miguel%20C%81ngel%20Dom%20C3%ADnguez%20Ram%20C3%ADrez%20Maestr%20C3%ADa%20en%20Energ%20C3%ADas%20Renovables.pdf>

Foster, S., & Elzinga, D. (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de [www.un.org](http://www.un.org):

<https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>

González, G., Zambrano, J., & Estrada, E. (Abril de 2014). *Estudio, Diseño E Implementación De Un Sistema De Energía Solar En La Comuna Puerto Roma De La Isla Mondragón Del Golfo De Guayaquil, Provincia Del Guayas*.

Obtenido de Dspace:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6553/1/UPS-GT000602.pdf>

Huamán Romoacca, J. (2018). *Repositorio Unsaac*. Obtenido de Repositorio Unsaac:

<http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3718/1/Estudio%20comparativo%20de%20los%20sistemas%20fotovolt%C3%A1licos%20con%20inyecci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20monocriatalino%20policristalino%20y%20amorfo%20instalados%20en%20CEL.pdf>

- International Energy Agency . (2013). *World Energy Outlook*. Obtenido de INARQUIA: [https://inarquia.es/wp-content/uploads/2014/04/k2\\_attachments\\_532eb5e30e9eb-Resumen-ejecutivo-Wordl-Energy.pdf](https://inarquia.es/wp-content/uploads/2014/04/k2_attachments_532eb5e30e9eb-Resumen-ejecutivo-Wordl-Energy.pdf)
- Iordan, S. D. (Junio de 2008). *Análisis Compararito de Plantas Solares Fotovoltaicas Conectadas a la Red*. Obtenido de Deeea URV: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1286pub.pdf>
- Jara Fernández , C. L. (2018). *Implementación de Energía Fotovoltaica para optimizar el Costo por Consumo de Energía Eléctrica en Edificio Multifamiliar del Distrito de Baños del Inca Cajamarca*. Obtenido de Repositorio UCV: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25027>
- Ladino Peralta, R. E. (Marzo de 2011). *Repositorio Javeriana*. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/1085/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf;jsessionid=7C699F9E3594800530E9F87E48657DC8?sequence=1>
- Lindao Suarez, W. (7 de Febrero de 2020). *Propuesta de Diseño de un Sistema de Energía Solar Fotovoltaica. Caso de*. Obtenido de Repositorio UCSG: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14365/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-248.pdf>
- Mamani Mamani, Y. K., & Mamani Yana, C. O. (2019). *Determinación Experimental de la Eficiencia de un Panel Fotovoltaico Marca Sumbe Solar Tipo SLP 60-12 de 60W Bajo las Condiciones Ambiental de Puno con Énfasis en la Intenciadad de Radiación Solar*. Obtenido de Tesis UNAP:

[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12379/Mamani\\_Mamani\\_Yhonson\\_Kenndy\\_Mamani\\_Yana\\_Cristian\\_Oliver1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12379/Mamani_Mamani_Yhonson_Kenndy_Mamani_Yana_Cristian_Oliver1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Martínez Bernal, R. (2017). *Estimación De La Eficiencia De Un Sistema De Energía Eléctrica*. Obtenido de Repository USTA:

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3238/Martinezraul2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

MEAN WELL. (25 de Octubre de 2016). *Iluminet*. Obtenido de Iluminet:

<https://www.iluminet.com/funcionamiento-paneles-fotovoltaicos-energia-solar/>

Méndez Álvarez, C. E. (18 de agosto de 2004). *UROSARIO*. Obtenido de

[https://www.urosario.edu.co/urosario\\_files/12/1234f612-72fe-424a-b3e5-a7989daca79b.pdf](https://www.urosario.edu.co/urosario_files/12/1234f612-72fe-424a-b3e5-a7989daca79b.pdf)

MINEM. (2014). *OSINERMIN*. Obtenido de

[https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/Institucional/Estudios\\_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf)

Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (12 de Febrero de 2018). *Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas*. Obtenido de

Scielo: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/piro/v11n3/0719-0107-piro-11-03-184.pdf>

Planas, O. (13 de Mayo de 2015). *Solar-Energía*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/efecto-fotovoltaico>

Planas, O. (6 de Noviembre de 2017). *Solar-Energía*. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/tipos-de-paneles-fotovoltaicos>

- Ramos López., H., & Luna Puente, R. (Octubre de 2014). *Diseño De Un Sistema Fotovoltaico Integrado A La Red Para El Area De Estacionamiento De La Universidad Tecnologica De Salamanca*. Obtenido de CIMAV REPOSITORIO INSTITUCIONAL:  
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/521/1/Tesis%20Rafael%20Luna%20Puente%2C%20Humberto%20Ramos%20L%C3%B3pez.pdf>
- Reyes , J. (24 de Septiembre de 2018). *Breve Análisis de las Plantas Solares en el Perú*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/JorgeReyes103/breve-analisis-de-las-plantas-solares-en-el-per>
- Robles, C., & Rodríguez , O. (16 de Marzo de 2018). *Un panorama de las energías renovables en el Mundo, Latinoamérica y Colombia*. Obtenido de Revista Espacios: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p10.pdf>
- Rufasto Castro, J. C. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico autónomo para el suministro de energía eléctrica a la sala de cómputo de la Universidad Nacional de Jaén*. Obtenido de Repositorio UNJ:  
[http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/70/RUFASTO\\_CJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://m.repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/70/RUFASTO_CJ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ruiz, L., Beristáin, J., & Sosa, I. (diciembre de 2010). *Estudio Del Algoritmo De Seguimiento De Punto De Máxima Potencia Perturbar Y Observar*. Obtenido de ITSON:  
[https://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v8/art3vf\\_estudio\\_del\\_algoritmo\\_de\\_seguimiento\\_de\\_punto\\_de\\_maxima\\_potencia\\_perturbar\\_y\\_observar.pdf](https://www.itson.mx/publicaciones/rieeyc/Documents/v8/art3vf_estudio_del_algoritmo_de_seguimiento_de_punto_de_maxima_potencia_perturbar_y_observar.pdf)

Rumbo Minero. (6 de Junio de 2019). *Cajamarca Tendrá Dos Nuevos Parques Eólicos*

*Operando En El 2020*. Obtenido de Rumbo Minero:

<https://www.rumbominero.com/noticias/energia/cajamarca-tendra-dos-nuevos-parques-eolicos-operando-en-el-2020/>

Salamanca, S. (Agosto de 2017). *Scielo*. Obtenido de

<http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n30/2344-8350-cient-30-00263.pdf>

Sánchez Gutierrez, L. A. (2019). *PROPUESTA DE MEJORA DEL ABASTECIMIENTO*

*DE ENERGÍA CON PANELES SOLARES PARA REDUCIR INSATISFACCIÓN*

*DE USUARIOS EN ZARUMILLA - TUMBES*. Obtenido de REPOSITORIO -

USIL: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8755/1/2019\\_Sanchez-Gutierrez.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/8755/1/2019_Sanchez-Gutierrez.pdf)

Sánchez, C. (01 de Junio de 2015). *EnergyNews*. Obtenido de

<https://www.energynews.es/quieres-saber-el-emplazamiento-mas-eficiente-para-las-instalaciones-fotovoltaicas-y-termosolares/>

Torres. (12 de Enero de 2018). *Eficiencia en paneles solares*. Obtenido de

[https://www.ecorfan.org/taiwan/research\\_journals/Diseno\\_Innovativo/vol2num2/Revista\\_Diseno\\_Innovativo\\_V2\\_N2\\_2.pdf](https://www.ecorfan.org/taiwan/research_journals/Diseno_Innovativo/vol2num2/Revista_Diseno_Innovativo_V2_N2_2.pdf)

UMPE. (08 de Marzo de 2017). *UMPE*. Obtenido de

<https://www1.upme.gov.co/ServicioCiudadano/Lists/Glosario/DispForm.aspx?ID=16&ContentTypeId=0x01000159F8AC1D5C1041B0AC7E63C204275F>

Vega Marcos, R. (2013). *Estudio Comparativo De Distintas Tecnologías Fotovoltaicas*.

Obtenido de UC3M: <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/19818>

Velásquez, J. D., & Zambrano, M. F. (Noviembre de 2018). *Repositorio ESPAMMFL*.

Obtenido de <http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/856>