



# REPORTE FINAL DE ESTADÍA

Fernando Basilio Licona

Estudio del comportamiento de la eficiencia de absorción de la radiación solar en función de los ángulos de incidencia y de agentes dispersantes.

2020, Año de Leona Vicario,  
Benemérita Madre de la Patria

2020, Año Internacional de la  
Sanidad Vegetal



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

Programa educativo  
Ingeniería Energías Renovables

Nombre del asesor industrial  
Dra. Eunice Villicaña Ortiz

Nombre del asesor académico  
Dr. Juan Manuel Padilla Flores

Jefe de carrera  
Dr. Octavio Maldonado Saavedra

Presenta  
Fernando Basilio Licona

Cuitláhuac, Ver. 26 de abril de 2021

2020, Año de Leona Vicario,  
Benemérita Madre de la Patria

2020, Año Internacional de la  
Sanidad Vegetal



# Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

## Programa educativo Ingeniería en Energías Renovables

### Reporte para obtener título de Ingeniero en Energías Renovables

#### Nombre del proyecto

Estudio del comportamiento de la eficiencia de absorción  
de la radiación solar en función de los ángulos de incidencia  
y de agentes dispersantes

Presenta

Fernando Basilio Licona

2020, Año de Leona Vicario,  
Benemérita Madre de la Patria

2020, Año Internacional de la  
Sanidad Vegetal



## AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Bertha y Agustín, quienes, con amor, sacrificio, esfuerzo y dedicación me brindaron su apoyo emocionalmente y en ocasiones económicamente, gracias por hacerme un hombre de bien, que lucha y no se rinde, agradezco sus consejos y sobre todo su compañía a lo largo de este proceso.

A mis hermanos: Eduardo y Ana Yazmín, por sus palabras de aliento, por la motivación y decirme que soy una persona capaz, agradezco su apoyo a pesar de la distancia.

A mi asesor académico: Dr. Juan Manuel Padilla, por haberme apoyado y guiado desde el inicio de este proyecto, por la confianza y por haber sido parte de este sueño que hoy estoy logrando.

A mi asesora industrial: Dra. Eunice Villicaña Ortiz, por haber formado parte de este trabajo que ha sido finalizado, gracias por darme su apoyo y haber resuelto mis dudas que tenía.

A mi novia Ruth Edith, por siempre brindarme su apoyo y su confianza, gracias por todas las veces que me levantaste y me impulsaste a seguir luchando por mis sueños y sobre todo gracias por tu apoyo incondicional a lo largo de este proceso.

## RESUMEN

En el presente documento hablaremos sobre el análisis del comportamiento de la eficiencia de absorción en función de los ángulos de incidencia y de agentes dispersantes.

El documento se encuentra dividido en 4 capítulos en los cuales hablaremos de los puntos más importantes requeridos en este trabajo de estadías, en el capítulo I hablaremos sobre la radiación solar y los tipos de radiación solar que existen, a su vez hablaremos de paneles solares fotovoltaicos teniendo en este los tipos de módulos solares fotovoltaicos, los componentes que requiere un sistema solar fotovoltaico, grado de inclinación y su orientación.

En el capítulo II nos encontramos con la metodología, donde tenemos el área de estudio o análisis, en este apartado se abordará la teoría sobre el clima promedio del lugar o área de estudio, teniendo en esta la temperatura, humedad y energía solar.

El capítulo III hará un énfasis en lo que es el desarrollo del proyecto, para esto se realizaron mediciones de voltaje y temperatura en nuestro panel solar fotovoltaico para un mejor análisis de la eficiencia.

En el capítulo IV tenemos la comparación de resultados y la relación entre voltaje, temperatura y agentes dispersantes depositadas en las celdas solares y algunas recomendaciones y trabajos futuros, ya que pretendemos darle un seguimiento a este análisis y así sea un estudio de alto grado.

## Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	1
RESUMEN.....	2
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
1.1 Marco teórico.....	6
1.1.1 Radiación solar.....	6
1.1.2 Tipos de radiación solar.....	7
1.1.3 Paneles Solares.....	8
1.1.4 Componentes del panel solar.....	10
1.1.5 Tipos de módulos fotovoltaicos y sus células.....	11
1.1.6 Orientación de los paneles y diferentes grados de inclinación.....	12
1.1.6 Equipo de seguimiento de los paneles.....	12
1.2 Planteamiento del problema.....	13
1.3 Objetivo general.....	13
1.4 Objetivos específicos.....	14
1.5 Hipótesis.....	14
1.6 Justificación del Proyecto.....	14
1.7 Limitaciones y Alcances.....	14
<b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>15</b>
2.1 Área de estudio.....	15
2.2 Clima promedio en Costa Esmeralda.....	16
2.2.1 Temperatura de Costa Esmeralda.....	16
2.2.2 Humedad en Costa Esmeralda.....	17
2.2.3 Energía solar en Costa Esmeralda.....	18
2.3 Pasos metodológicos.....	19
Caja de empalme.....	19
Emparejado.....	20
Producción.....	20
<b>CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>21</b>
3.1 Tipo de medición para el voltaje.....	21
3.2 Medición de la eficiencia solar.....	21
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>22</b>
4.1 Resultados.....	23

4.2 Conclusiones.....	25
4.3 Trabajos futuros .....	25
4.4 Recomendaciones.....	26
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>27</b>

## Índice de ilustraciones

<i>Ilustración 1. Radiación solar.....</i>	<i>6</i>
<i>Ilustración 2. Tipos de radiación .....</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 3. Panel solar fotovoltaico .....</i>	<i>8</i>
<i>Ilustración 4. Panel solar térmico .....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 5. Panel solar termodinámico .....</i>	<i>9</i>
<i>Ilustración 6. Componentes del panel solar .....</i>	<i>10</i>
<i>Ilustración 7. Balance estacional .....</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 8. Ubicación geográfica de Costa Esmeralda.....</i>	<i>15</i>
<i>Ilustración 9. Temperatura Costa Esmeralda .....</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 10. Niveles de humedad en Costa Esmeralda .....</i>	<i>17</i>
<i>Ilustración 11. Energía solar en Costa Esmeralda.....</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 12. Panel solar.....</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 13. Placas de datos del panel Kyocera .....</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 14. Amperímetro.....</i>	<i>21</i>
<i>Ilustración 15. Termómetro laser .....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 16. Panel solar.....</i>	<i>22</i>

## Índice de graficas

<i>Gráfica 1. Relación temperatura - voltaje.....</i>	<i>24</i>
<i>Gráfica 2. Relación Voltaje - partículas de polvo .....</i>	<i>25</i>

## Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento .....</i>	<i>23</i>
--	-----------

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Mediciones de eficiencia solar .....</i>	<i>23</i>
--	-----------

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables se están desarrollando a un ritmo muy superior al que los expertos más optimistas habían estimado. En 2018 la cifra de nueva potencia fotovoltaica instalada en el mundo volvió a estar en el entorno de los 100 GW, concretamente 94,2 GW según la Agencia Internacional de las Energías Renovables, según estudio (Máster Oficial de Energías Renovables, 2020).

Estas cifras se deben entre otras cosas a las reducciones de costos, que también han superado las mejores previsiones y que hacen de la fotovoltaica una tecnología que, además de contribuir a la lucha contra el cambio climático, es muy competitiva económicamente. Y es que la fotovoltaica es ya más barata que la energía generada por plantas de combustibles fósiles, en términos de Costo nivelado de energía.

En el estudio de Enlight (2017) la invención de las celdas fotovoltaicas impulsó la energía solar en todo el mundo, como una de las formas más viables de aprovechar las energías limpias. La energía solar, aparte de ser considerada la electricidad del futuro, también ha comenzado a cobrar importancia por la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera que ella previene. En promedio, las celdas fotovoltaicas poseen una eficiencia del 12%, de acuerdo con el tipo de celda y las prestaciones que ofrece. Y aunque las menos eficientes tienen un rendimiento de apenas el 6%, se prevé que en tres o cuatro años se comiencen a comercializar celdas solares con rendimiento del 42%, las cuales están siendo desarrolladas en laboratorio.

El presente trabajo se centrará en el análisis del complejo fenómeno de deposición de polvo y suciedad en paneles solares fotovoltaicos, así como en las pérdidas de energía implicadas. El cuerpo del trabajo consistirá en un exhaustivo estudio de la literatura científica. Se investigarán los múltiples factores y fenómenos involucrados en el problema, su grado de influencia y su relación con las pérdidas de producción eléctrica del panel. Finalmente, se procederá a una evaluación y estructuración del conocimiento estableciendo estimaciones cuantitativas de las pérdidas y plantear estrategias para minimizar el impacto.

## 1.1 Marco teórico

### 1.1.1 Radiación solar

De acuerdo con (Planas, 2020) la radiación solar al pasar por la atmósfera sufre un proceso de debilitamiento por la dispersión (debida a los aerosoles), la reflexión (por las nubes) y la absorción (por las moléculas de gases y por partículas en suspensión), por lo tanto, la radiación solar reflejada o absorbida por la superficie terrestre (océano o continente) es menor a la del tope de la atmósfera.



*Ilustración 1. Radiación solar*

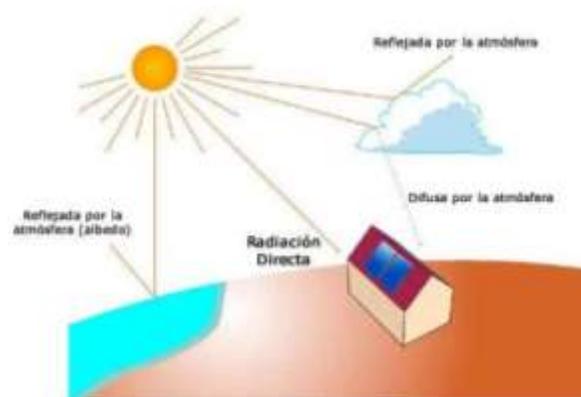
Esta energía es ecológica, renovable y no dañina para la salud, logrando de esta manera, un gran interés para su aprovechamiento en diferentes sectores como lo son; la industria, centros comerciales, hogares entre otros. Desgraciadamente su utilización no ha sido aprovechada en gran manera, siendo casi exclusivamente empleada para la generación de electricidad y el sector agrícola, habiendo otras áreas en las cuales puede ser implementada.

La energía recibida por el sistema Tierra hay logro de energía entre los trópicos y pérdida en zonas polares, la abundancia y pérdida es equilibrado por la circulación general de la atmósfera y de los océanos. Además, el balance de radiación de un lugar dado sufre diferenciaciones con la cobertura nubosa, composición de la atmósfera, el ángulo de incidencia del Sol y la longitud del día. Así las áreas de energía migran estacionalmente con los cambios en la longitud del día y del ángulo de tendencia del Sol.

### 1.1.2 Tipos de radiación solar

La radiación solar viaja en línea recta, pero los gases y partículas en la atmósfera pueden desviar esta energía, lo que se llama dispersión. La dispersión ocurre cuando un fotón afecta a un obstáculo sin ser absorbido cambiando solamente la dirección del recorrido de ese fotón.

Una parte de la irradiancia solar que incide en el suelo proviene directamente del disco solar (irradiancia solar directa) y otra proviene del cielo y las nubes (irradiancia solar difusa). La intensidad de la radiación (energía por unidad de superficie, por unidad de tiempo y por unidad de ángulo sólido que transporta la radiación electromagnética), interesa conocer su longitud de onda o intervalo espectral, fundamental para conocer los efectos de la radiación. El sol emite un amplio espectro de radiaciones, desde rayos gamma hasta longitudes de onda largas, de tipo infrarrojo.



*Ilustración 2. Tipos de radiación*

La radiación solar, al llegar a la atmósfera de nuestro planeta, experimenta una serie de alteraciones y da lugar a cuatro componentes:

#### **Radiación solar directa:**

La que llega a una superficie sin haber sufrido dispersión en su trayectoria a través de la atmósfera. Esto ocurre cuando el sol es totalmente visible.

#### **Radiación solar difusa:**

La que llega a una superficie después de sufrir múltiples desviaciones en su trayectoria al atravesar la atmósfera, o después de ser reflejada en múltiples direcciones por las superficies donde previamente haya incidido. En invierno la radiación difusa es mucho mayor en porcentaje y en base anual, es equivalente al 55% de la global.

### **Radiación global:**

Suma de la radiación directa y difusa.

### **Radiación de "albedo" o reflejada:**

Fracción de la irradiancia solar que es reflejada por la superficie. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven ninguna superficie terrestre y las superficies verticales son las que más radiación reflejada reciben. En los cálculos de dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos es oportuno considerar la cantidad de radiación solar reflejada por las superficies contiguas a los módulos fotovoltaicos (albedo).

#### 1.1.3 Paneles Solares

Un panel solar es un aparato que utiliza la energía proveniente del sol para transformarla en energía eléctrica. Estos dispositivos están compuestos por celdas solares hechas de silicio cristalino, el cual tiene la propiedad de convertir la luz del sol en electricidad. Cuanto mayor sea el panel, mayor será la energía que recibe del sol y por ende mayor será la generación de electricidad. (AutoSolar, 2015)

Para poder funcionar, los paneles solares deben recibir de manera directa los rayos solares. Su principal uso es de tipo doméstico, ya que estos suelen ser colocados en los techos de las viviendas para proveer de electricidad a los electrodomésticos.

Existen tres tipos de paneles solares:

**Los fotovoltaicos:** son aquellos paneles descritos con anterioridad, capaces de generar la energía suficiente para satisfacer las necesidades del hogar.



**Ilustración 3.** Panel solar fotovoltaico

**Los térmicos:** esta clase de paneles deben ser utilizados en viviendas que cuenten con una óptima recepción de luz solar y que también dispongan de suficiente espacio para colocarlos, ya que son mayores que los fotovoltaicos, porque de lo contrario no serían eficientes. Los paneles térmicos trabajan igual que los fotovoltaicos, con la única diferencia es que los térmicos contienen un líquido que absorbe el calor.



**Ilustración 4.** Panel solar térmico

**Los termodinámicos:** estos son los más empleados, hoy en día en los hogares, ya que son más económicos, más eficientes y se pueden usar para muchas más cosas. Entre sus ventajas está, que puede absorber la energía, aun si este nublado o lloviendo. Es decir que estos paneles tienen la característica de captar cualquier tipo de energía en cualquier ambiente, siempre y cuando la temperatura exterior no sea inferior a los 0 grados.



**Ilustración 5.** Panel solar termodinámico

Los paneles solares son beneficiosos para el medio ambiente ya que la energía que ellos producen es limpia y renovable; además de contribuir con el ahorro energético, su instalación es rápida, el mantenimiento es mínimo y tienen larga vida útil.

#### 1.1.4 Componentes del panel solar

Un sistema solar fotovoltaico es una de las opciones que tenemos si deseamos realizar una instalación solar en nuestra vivienda. Tanto si elegimos esta como la térmica, debemos saber que cada opción tiene su propio sistema de funcionamiento. Por lo tanto, los componentes fotovoltaicos de una instalación de paneles solares fotovoltaicos difieren de aquellos térmicos.

Entre los componentes de un sistema de energía solar el módulo solar o conocido también como panel solar. El panel solar es el componente principal de todos los tipos de sistemas fotovoltaicos.

Además de este existen diferentes partes que se suman al sistema que varían de acuerdo con la aplicación. En la siguiente ilustración se pueden ver de forma más didáctica los componentes.

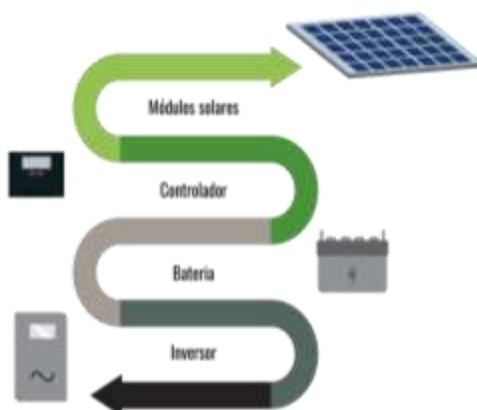


Ilustración 6. Componentes del panel solar

#### **Módulo solar (panel solar) fotovoltaico**

Componente encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Están hechos principalmente por semiconductores (silicio) monocristalinos o policristalinos. Los de mejor precio y mayor disponibilidad en el mercado internacional y colombiano es el policristalino. Estos son caracterizados por su potencia nominal o potencia máxima que puede generar este panel en condiciones ideales (radiación de  $1\text{kW/m}^2$  y temperatura de  $25^\circ\text{C}$ ).

### **Regulador de carga**

Este componente del sistema administra de forma eficiente la energía hacia las baterías prolongando su vida útil protegiendo el sistema de sobrecarga y sobre descargas. Este componente es comercializado basado en su capacidad máxima de corriente a controlar (amperios).

### **Batería (acumulador)**

La energía eléctrica de los paneles, una vez regulada va a las baterías. Estas almacenan la electricidad para poder úsala en otro momento, su comercialización es basada en la capacidad de almacenar energía y es medida en Amperios hora (Ah).

### **Inversor**

Este componente convierte la corriente continua y bajo voltaje (12v o 24v típicamente) proveniente de las baterías o controlador en corriente alterna. Por lo general es comercializado basado en su potencia en Watts, la cual es calculada como el voltaje por corriente ( $P=VI$ ). Corresponde a la demanda máxima de (potencia) de los equipos que se van a conectar. Se puede prescindir de este componente cuando los equipos a conectar puedan ser alimentados por corriente directa. Como es el caso de algunos tipos de iluminación, motores y equipos diseñados para trabajar con energía solar.

#### **1.1.5 Tipos de módulos fotovoltaicos y sus células**

Existen diferentes tipos de paneles solares en función de los materiales empleados, los métodos de fabricación que se empleen y la forma final. A continuación, se describen los materiales que pueden formar las células solares:

**Silicio Puro monocristalino:** Basados en secciones de una barra de silicio perfectamente cristalizado en una sola pieza. En laboratorio se han alcanzado rendimientos máximos del 24,7% para este tipo de paneles siendo en los comercializados del 16%.

**Silicio puro policristalino:** Los materiales son semejantes a los del tipo anterior, aunque en este caso el proceso de cristalización del silicio es diferente. Los paneles policristalinos se basan en secciones de una barra de silicio que se ha estructurado desordenadamente en forma de pequeños cristales.

Son visualmente muy reconocibles por presentar su superficie un aspecto granulado. Se obtiene con ellos un rendimiento inferior que con los monocristalinos (en laboratorio del 19.8% y en los módulos comerciales del 14%) siendo su precio también más bajo.

### 1.1.6 Orientación de los paneles y diferentes grados de inclinación.

De acuerdo con Diaz (2021), las inclinaciones y orientación más apropiadas en cada emplazamiento depende de la latitud y de la época del año, un estudio de radiación solar recibida para cada emplazamiento menciona que, en el hemisferio norte, por ejemplo, hay que orientar las placas, en dirección sur y con una inclinación determinada. Por otro lado, la inclinación de los módulos variará en función de las necesidades energéticas previstas y del período de utilización, a fin de hacer un balance estacional (invierno, verano) o anual.

La célula solar sólo es capaz de generar una tensión de unas décimas de voltio (+/- 0,5 V) y una potencia máxima de 1 o 2 Watts. Por tanto, es necesario conectar en serie varias células (que se comportan como pequeños generadores de corriente) para conseguir tensiones de 624 V, aceptadas en muchas aplicaciones.

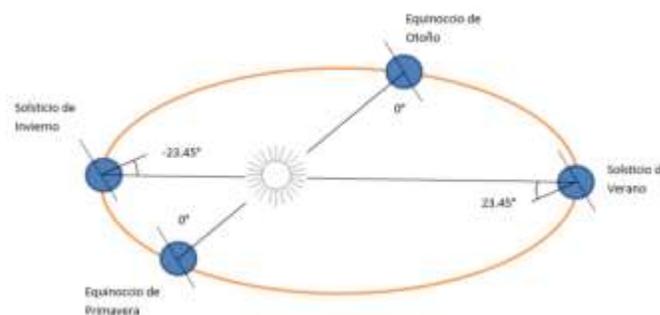


Ilustración 7. Balance estacional

### 1.1.6 Equipo de seguimiento de los paneles

Un equipo de seguimiento orienta los paneles solares de forma que éstos permanezcan perpendiculares a los rayos solares, siguiendo al sol desde el este en la salida, hasta el oeste en la puesta. Dependiendo del eje que el seguidor utiliza para cambiar de posición, es posible hacer la siguiente clasificación:

En dos ejes (2x) la superficie se mantiene siempre perpendicular al sol. Existen de dos tipos:

- **Monoposte** consiste en un único apoyo central.
- **Carrousel** consiste en varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.

En un eje polar la superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

En un eje azimutal la superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol.

En un eje horizontal la superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

El uso de seguidores a uno o dos ejes permiten aumentar la eficiencia con que se capta la energía solar, un 30% para los de un eje y un 6% adicional para los de dos ejes, siempre que se ubiquen en lugares de elevada radiación directa, ya que la superficie se mantiene perpendicular al Sol. De forma similar el seguimiento azimutal asimila luz solar, de un 10% a un 20% más que las estructuras fijas. Los seguidores azimutales pueden llegar hasta el 25%.

## 1.2 Planteamiento del problema

Como todos sabemos, los paneles solares fotovoltaicos son equipos de generación de energía eléctrica lo cual estos deben ser instalados a la intemperie, esto conlleva a que los equipos estén expuestos a diferentes agentes, los cuales pueden causar que el panel solar no tenga el rendimiento o eficiencia demandada, para ello realizaremos un análisis del comportamiento del voltaje con respecto a la temperatura y partículas depositadas en la superficie de las celdas con el fin de determinar la importancia de la limpieza de estos.

## 1.3 Objetivo general

Estudiar el comportamiento de la eficiencia fotovoltaica en los paneles solares mediante la medición del voltaje, en función de la temperatura y de la cantidad de agentes dispersantes depositadas en la superficie de éstos, con el fin de determinar la importancia de su limpieza.

## 1.4 Objetivos específicos

- Realizar búsqueda de información de fuentes confiables y patentes
- Investigar los diferentes tipos de agentes dispersantes que afectan la eficiencia del equipo.
- Montar un sistema solar fotovoltaico
- Realizar mediciones del voltaje en función de la temperatura
- Realizar mediciones del voltaje en función de la cantidad de agentes dispersantes.

## 1.5 Hipótesis

La temperatura de los módulos fotovoltaicos se incrementa al absorber la radiación solar, disminuyendo su eficiencia en porcentajes que van desde 0.25% al 0.45% por cada grado de temperatura. Además de la temperatura también existen otros agentes como son las partículas de polvo que disminuyen la eficiencia de los paneles.

## 1.6 Justificación del Proyecto

Hoy en día el consumo de energía se ha vuelto un factor básico para muchos aspectos de la actividad y el progreso. Por ende, las energías son imprescindible para el progreso de un país, tanto es así que la tasa de consumo energético está relacionada con el grado de desarrollo económico. Esta es la razón por la cual las energías renovables, están siendo muy demandadas ya que su utilización no produce emisiones contaminantes para el medio ambiente. Esta es la razón por lo cual se tuvo un interés en analizar el comportamiento de los paneles solares fotovoltaicos para medir la eficiencia respecto a la temperatura y agentes dispersantes.

## 1.7 Limitaciones y Alcances

Algunas de las limitaciones presentes en este trabajo fue que no se pudo realizarse a una gran escala y solo se hicieron pruebas y monitoreos con un equipo pequeño los cuales se midió la relación de voltaje-temperatura ya que no se logró conseguir los otros equipos requeridos para su completa realización, todo esto se vio afectado por la contingencia sanitaria que se vive actualmente. Se pretende que con este estudio se logre demostrar la importancia del mantenimiento y su correcto ángulo de inclinación de acuerdo con la ubicación del lugar.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

La energía solar es la energía que hemos aprendido a aprovechar, gracias a la luz (energía fotovoltaica) o el calor del sol (térmica), para la generación de electricidad o la producción de calor. Inagotable y renovable, pues procede del sol, se obtiene por medio de paneles y espejos. Las células solares fotovoltaicas convierten la luz del sol directamente en electricidad por el llamado efecto fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, generando una corriente eléctrica.

### 2.1 Área de estudio

Para realizar nuestro estudio de como los paneles solares absorben la radiación solar en base a los ángulos de incidencia y agentes dispersantes que afectan, es importante conocer la temperatura y humedad del lugar donde está ubicado nuestro panel solar.

En este caso el panel solar que se utilizó para este proyecto está ubicado en Costa Esmeralda, al Sur del Estado de Veracruz tal como se puede mostrar en el siguiente mapa.



*Ilustración 8. Ubicación geográfica de Costa Esmeralda*

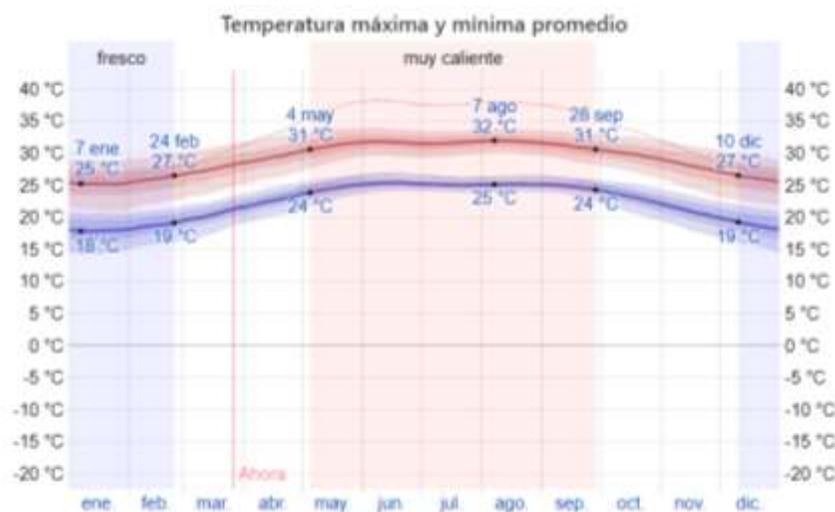
## 2.2 Clima promedio en Costa Esmeralda

La temporada de lluvia es muy caliente, opresiva y mayormente nublada y la temporada seca es caliente, bochornosa, ventosa y parcialmente nublada. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 18 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 14 °C o sube a más de 34 °C.

### 2.2.1 Temperatura de Costa Esmeralda

La temporada calurosa dura 4.8 meses, del 4 de mayo al 28 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 31 °C. El día más caluroso del año es el 7 de agosto, con una temperatura máxima promedio de 32 °C y una temperatura mínima promedio de 25 °C.

La temporada fresca dura 2.5 meses, del 10 de diciembre al 24 de febrero, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 27 °C. El día más frío del año es el 7 de enero, con una temperatura mínima promedio de 18 °C y máxima promedio de 25 °C.



*Ilustración 9. Temperatura Costa Esmeralda*

### 2.2.2 Humedad en Costa Esmeralda

Basándonos en el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

En Costa Esmeralda la humedad percibida varía extremadamente. El período más húmedo del año dura 9.6 meses, del 22 de febrero al 9 de diciembre, y durante ese tiempo el nivel de comodidad es bochornoso, opresivo o insoportable por lo menos durante el 48 % del tiempo. El día más húmedo del año es el 14 de julio, con humedad el 100 % del tiempo. El día menos húmedo del año es el 12 de enero, con condiciones húmedas el 31 % del tiempo.

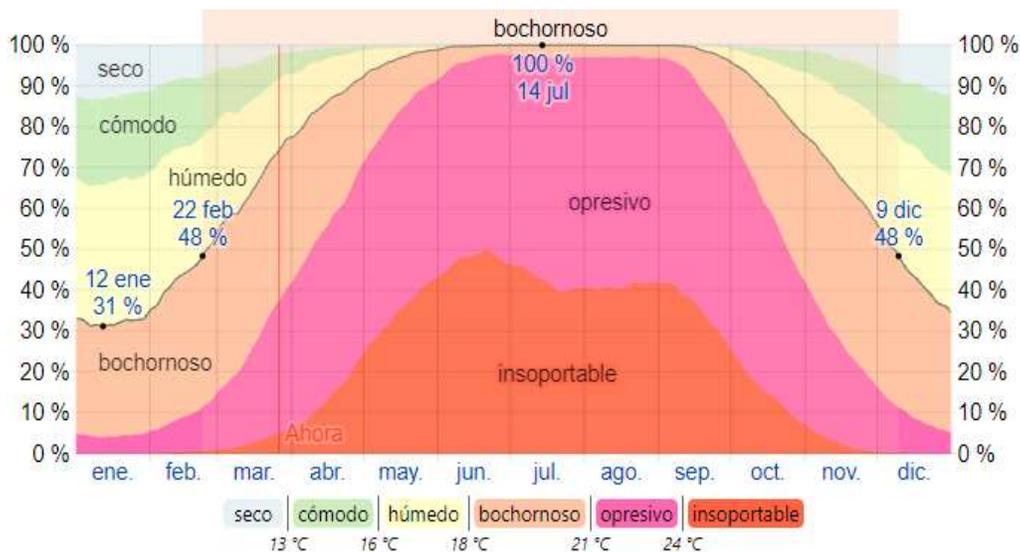


Ilustración 10. Niveles de humedad en Costa Esmeralda

### 2.2.3 Energía solar en Costa Esmeralda

La energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año. El período más resplandeciente del año dura 2.7 meses, del 23 de marzo al 13 de junio, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6.3 kWh. El día más resplandeciente del año es el 17 de mayo, con un promedio de 6.9 kWh.

El periodo más oscuro del año dura 2.5 meses, del 15 de noviembre al 31 de enero, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 4.6 kWh. El día más oscuro del año es el 30 de diciembre, con un promedio de 4.0 kWh.

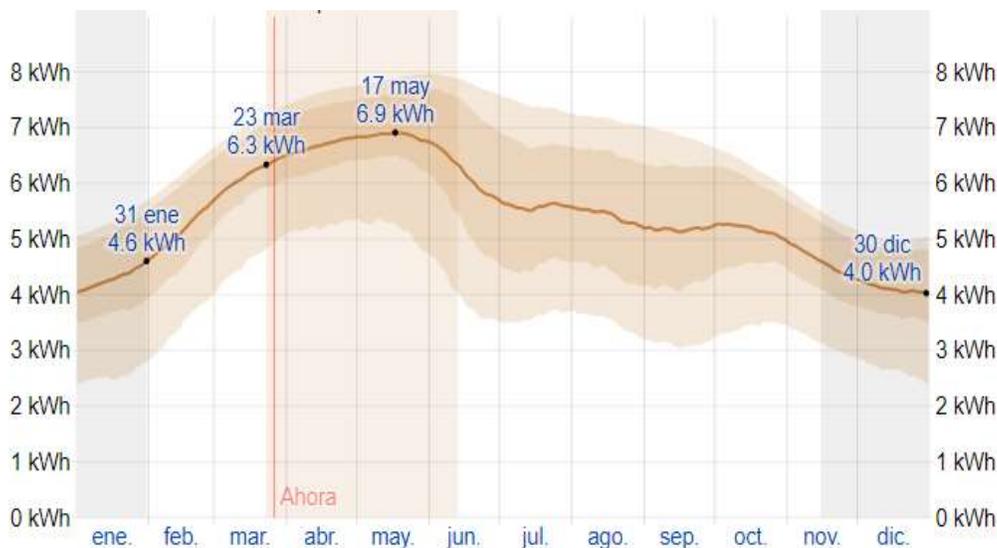


Ilustración 11. Energía solar en Costa Esmeralda

### 2.3 Pasos metodológicos

Para realizar este estudio se empezó por en análisis de la ficha técnica del panel solar que se utilizó, el cual se describe a continuación.

El panel solar Kyocera KD320GH-4YB



*Ilustración 12. Panel solar*

#### Célula

- 156 mm x156 mm
- Policristalina, 3 busbar
- Nivel de eficiencia >16%
- Integrado en lámina EVA
- Nitruro de silicio texturizado: poco reflejo de luz, coloración homogénea

#### Bastidor

- Aluminio negro anodizado revestido
- Atornillado y adicionalmente encolado
- Capacidad de carga: 5.400 N/m<sup>2</sup>
- Aberturas de drenaje internas contra daños por heladas
- Montaje flexible (transversal o vertical)
- Autorizado para sistemas de inserción (excepto módulos de 80 células)
- Módulos de 60, 80 células: reforzado al dorso con 2 travesaños
- 

#### Caja de empalme

- Incluye diodos de bypass
- Totalmente sellada
- Máxima categoría de no inflamabilidad 5VA según UL94
- Módulos de 36, 48 células: preconfeccionada con líneas conectoras y uniones enchufables originales multi-contacto
- Módulos de 54, 60, 80 células: preconfeccionada con líneas conectoras y uniones enchufables SMK (MC4 compatibles)

### Emparejado

Proceso de clasificación: se logra la potencia nominal de dos módulos emparejados (p.ej.  $\geq 490$  Wp con 2×KD245GH-4YB2).

### Producción

- Procesos de producción totalmente automatizados e integrados en plantas propias
- Integración vertical = 100 % control



Ilustración 13. Placas de datos del panel Kyocera

## CAPITULO 3 DESARROLLO DEL PROYECTO

A continuación, se mostrarán los resultados de las mediciones hechas al panel solar fotovoltaico de acuerdo con el voltaje y temperatura.

### 3.1 Tipo de medición para el voltaje

Se utilizó el tipo de medición de acuerdo con la ficha técnica del panel solar:

- ✚ **Voltaje en circuito abierto o VOC** (Open circuit Voltage): significa el voltaje en voltios que el panel entrega cuando está desconectado, es decir, que, si ponemos un voltímetro en los terminales de un panel que está al sol y desconectado de la instalación, ese será el voltaje que podremos medir.

### 3.2 Medición de la eficiencia solar

Para la medición de la eficiencia solar nos basamos en los siguientes puntos técnicos:

- Tamaño del panel, área libre mirando al sol y temperatura ambiente.
- Calidad de las celdas que constituye el panel.
- La cantidad de luz que llega sobre la superficie donde se encuentra en panel solar.
- De la cantidad de irradiancia que se impacta en las células del panel solar.
- De su máxima tensión en circuito abierto.



Ilustración 14. Amperímetro



*Ilustración 15. Termómetro laser*



*Ilustración 16. Panel solar*

## **CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

Por la contingencia que pasa nuestro país, no se pudo hacer de manera presencial la estadía, provocando que las pruebas necesarias para la elaboración del proyecto no fueran realizadas en tiempo y forma. Pero se mostraron las mediciones realizadas durante un corto periodo.

## 4.1 Resultados

Respecto a lo pasos anteriores se muestra la siguiente tabla con las mediciones obtenidas en una semana (lunes a sábado)

De acuerdo con las mediciones que nos arrojaron el voltímetro y un termómetro laser, se pudo observar en la Tabla 1., que nuestro panel solar nos puede dar un voltaje de 20 V aproximadamente a una temperatura alrededor de 45 °C. También se observó que nos puede arrojar ese mismo voltaje a una temperatura de 39 °C aproximadamente, esto se debe a que, si el panel se le da su correcto mantenimiento, puede generar voltajes altos a temperaturas bajas o días en los cuales no hay mucha la radiación solar pero también si no se le da mantenimiento a pesar de una buena radiación solar el rendimiento del panel baja.

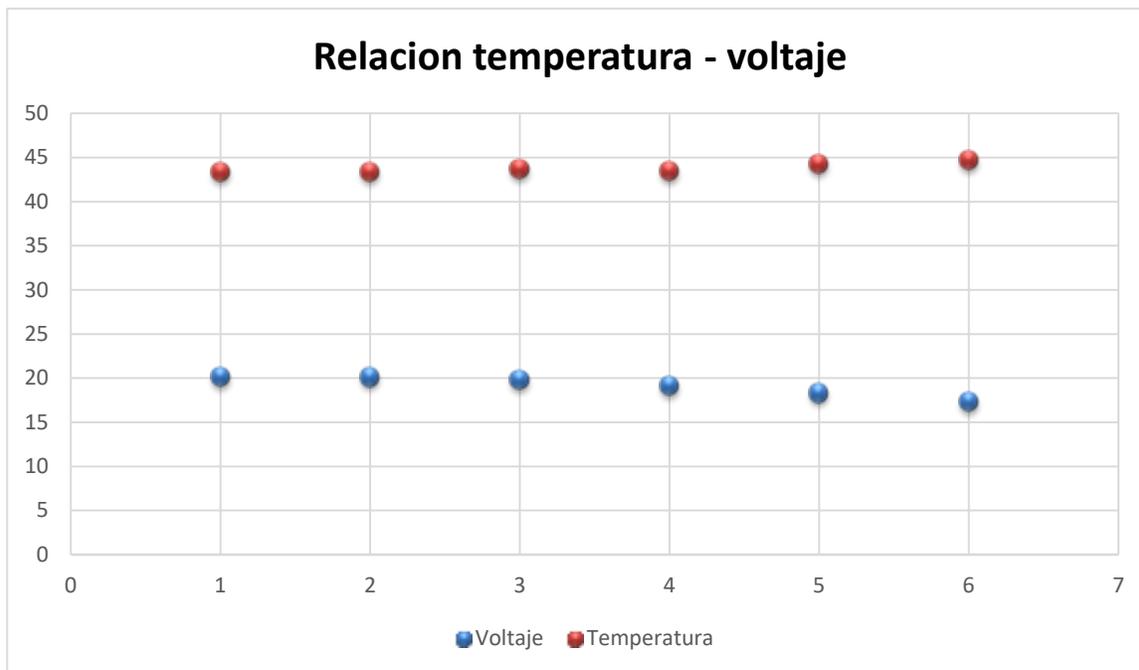
*Tabla 1. Mediciones de eficiencia solar*

<b>DIAS DE MEDICION</b>						
<b>Datos medidos</b>	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado.
<b>Voltaje (V)</b>	20.15 V	20.10 V	19.80 V	19.15 V	18.30 V	17.35 V
<b>Temperatura (°C)</b>	43.4 °C	43.4 °C	43.7 °C	43.5 °C	44.3 °C	44.7 °C

Porcentaje de rendimiento:

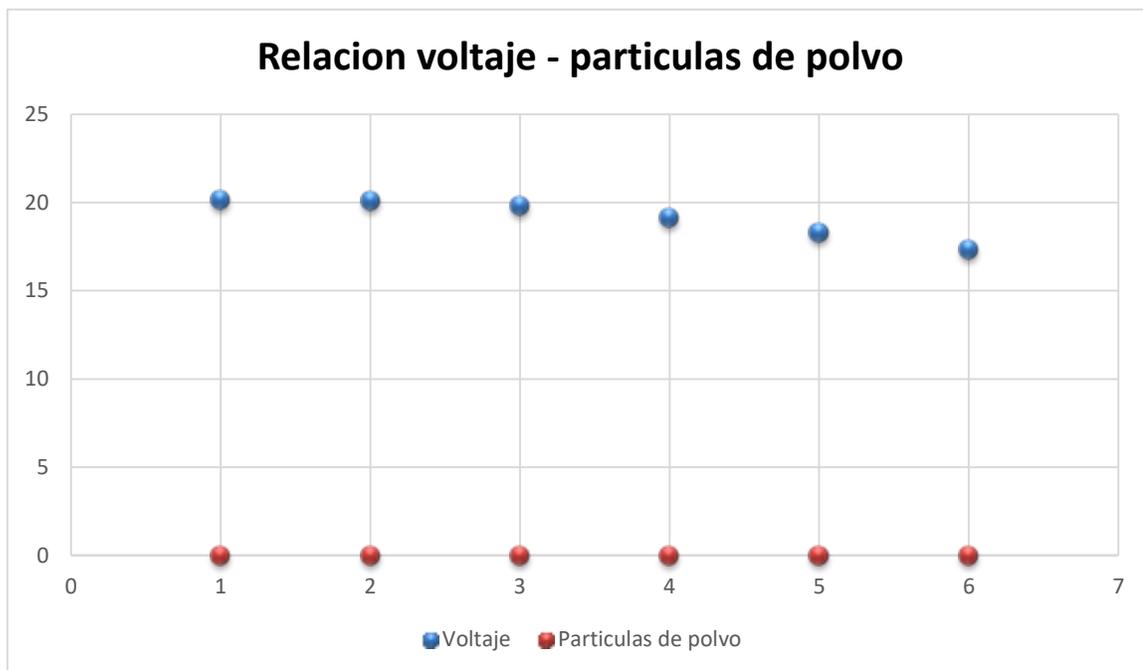
$$\frac{\textit{Experimental}}{\textit{Teorico}} = \frac{17.35}{20.15} = 0.861 (100) = 86.1$$

*Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento*



*Gráfica 1. Relación temperatura - voltaje*

De acuerdo con la tabla anterior cabe mencionar que todas las mediciones realizadas fueron a la 13:00 pm durante 6 días seguidos. Se puede observar las variaciones que se dieron en la semana, a causa de que existieron días nublados y como el panel solar está ubicado en zona costera, se vio afectado por la humedad y el polvo que existe, entonces se procedió que para mayor generación de voltaje se hizo el mantenimiento de este panel.



Gráfica 2. Relación Voltaje - partículas de polvo

En esta gráfica se observa la relación que existe entre el voltaje y la concentración de partículas de polvo depositadas en las celdas solares, podemos ver que la pérdida de voltaje es considerable durante los pocos días de medición.

## 4.2 Conclusiones

De acuerdo con el comportamiento de los gráficos 1 y 2 y las mediciones que se muestran en la tabla 1., podemos decir que el rendimiento del sistema fotovoltaico está en función de la cantidad de agentes dispersantes depositadas en la superficie de los paneles solares y no por la temperatura del medio ambiente. Es por eso que se recomienda el mantenimiento frecuente a los paneles con el fin de mantener al máximo su eficiencia en la generación de energía eléctrica.

## 4.3 Trabajos futuros

Cómo propuesta para el problema derivado de la cantidad de agentes dispersantes depositadas en la superficie de los paneles solares es el diseño de un prototipo de aspersión que pueda ser acoplado y alimentado por el mismo sistema fotovoltaico y cuya activación de trabajo este programada en función del rendimiento de la celda solar.

#### 4.4 Recomendaciones

Es necesario realizar el mantenimiento en los paneles solares, ya que, si se les deja mucho tiempo con suciedad, puede afectar en la eficiencia del panel y no se estaría aprovechando el voltaje que realmente que nos debería generar nuestros paneles. En cuanto a lo anterior mencionado, si el panel no tiene la correcta inclinación, provocaría que la generación de energía eléctrica sea mucho menor a la que el equipo este diseñado.

## BIBLIOGRAFÍA

AutoSolar. (2015, 19 abril). *¿Qué es un panel solar?* <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>

Berg, H. (2018, 15 diciembre). *Paneles Solares, Tipos y Eficiencias - Energía solar y eólica en Peru.* DeltaVolt. <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>

Díaz, A. (2021, 18 febrero). *Orientación e Inclinación de las Placas Solares.* Otovo Blog. <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/orientacion-e-inclinacion-placas-solares/>

Enlight. (2017, 6 enero). *Celdas fotovoltaicas: los básicos que debes saber de su funcionamiento.* Paneles Solares México. <https://residencial.enlight.mx/celdas-fotovoltaicas-basicos/>

Máster Oficial de Energías Renovables. (2020, 23 junio). *Paneles solares: por qué cada día son más populares.* Actualidad y Energías Renovables. <https://blogs.informacion.com/blog/energias-renovables/eficiencia-energetica-3/paneles-solares/>

Pepperl Fuchs. (2019, 10 septiembre). *Sistemas de seguimiento solar | Sistema de codificación de posición inductivo PCI.* <https://www.pepperl-fuchs.com/spain/es/15203.htm>

Planas, O. (2020, 4 mayo). *¿Qué es la radiación solar?* Solar Energía. <https://solar-energia.net/que-es-energia-solar/radiacion-solar>

SDEMéxico. (2018, 17 noviembre). *Tipos de celdas solares.* SDE México. <http://www.sde.mx/tipos-de-celdas-solares/>

Sun Supply. (2017, 11 septiembre). *Componentes de un sistema de energía solar fotovoltaico.* <https://www.sunsupplyco.com/componentes-de-un-sistema-de-energia-solar/>

Veracruz - Tecolutla. (2017, 13 septiembre). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México.*

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/municipios/30158a.html>