

Aumento de la Eficiencia de los Paneles Solares Fotovoltaicos

S. Salazar Gómez^{#1}, S. Barajas Aranda^{#2}, V. Franco Becerra^{#3}

[#]Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Departamento de Ingeniería Industrial, Unidad Académica Zapotlanejo, Jalisco, México

¹salvador.salazar@zapotlanejo.tecmm.edu.mx, ²salvador.barajas@zapotlanejo.tecmm.edu.mx,

³veronica.franco@zapotlanejo.tecmm.edu.mx

Resumen—La eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos es muy baja debido a diferentes factores, uno de los principales es la temperatura. Se sabe que la temperatura de la tierra aumenta año con año, lo que representaría que disminuya aún más la eficiencia de los paneles. Hay reportes que, en el verano de 2019, las temperaturas en España alcanzaron 45° C, y la producción de energía de las instalaciones solares fotovoltaica se redujo entre un 4 y 5 % sobre la producción habitual de acuerdo con los reportes de la página energías renovables el periodismo de las energías limpias [1]. La temperatura que se aplica a un panel fotovoltaico genera una variación en la célula lo que lleva a un efecto importante en la tensión en circuito abierto (Voc) que es el máximo valor de tensión en extremo de la célula que se da cuando ésta no está conectada a ninguna carga, así el aumento de la temperatura de la tensión del circuito disminuye un poco el voltaje por cada grado centígrado que aumenta la temperatura, ello también depende del tipo de célula, pero en todas hay una disminución de voltaje.

Palabras clave—Eficiencia, Panel-solar-fotovoltaico.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se busca mejorar la eficiencia de los paneles solares fotovoltaicos, ya que ésta es muy baja y oscila alrededor del 25% o menos eficiencia, en condiciones o con factores óptimos, si a esto le aunamos los diferentes escenarios que contribuyen a disminuir el porcentaje de eficiencia, como lo son el polvo alguna sombra y el factor de la temperatura eso por mencionar algunos.

Según la información proporcionada por los fabricantes en la ficha técnica de la empresa Ecoenergy, en los paneles se muestra las curvas de eficiencia donde en relación con la temperatura, esta empieza a bajar cuando, un panel solar trabaja en óptimas condiciones con temperaturas no mayores de 25°C a 30°C para no comprometer la eficiencia.

Se han buscado diferentes formas de aumentar la eficiencia como lo son los seguidores de sol o efecto girasol, lamentablemente esto conlleva diferentes mecanismos, componentes eléctricos y mecánicos, que, si logran aumentar la captación de sol, significaría en relación con el consumo tanto energético como de mantenimiento elevar los costos, esto hace que no sea recomendable o rentable.

Lo que se busca con este trabajo es que los elementos necesarios que permitan disminuir la temperatura en el panel, y que sean utilizados para no consumir más recursos eléctricos ni de mantenimiento, sea rentable y funcional.

Para poder reducir la temperatura del panel solar se pretende implementar dos pruebas, una con difusores de calor con paletas y otros con fluidos, los resultados obtenidos y analizados con el diseño de experimentos multifactorial nos permite incidir en cuál es el más rentable, no solo en la disipación de calor sino también en el análisis de costo beneficio contemplando las variables de producción y consumo energético.

II. ANTECEDENTES

Dentro de los paneles solares fotovoltaicos existe una baja de la eficiencia y para demostrarlo se mide la potencia (PMPP), “Curvas corriente-voltaje (IV)”. La eficiencia de conversión de una célula es expresada en (%). Cuanto más alto sea su valor, tanto mejor es el aprovechamiento de la irradiación solar global disponible. Se trata de un parámetro decisivo para el rendimiento económico de una instalación generadora FV. Si la eficiencia fuese baja, se necesitará, para el mismo rendimiento, de un área irradiada mayor. Por eso, para pequeñas áreas se deben seleccionar módulos con una excelente relación entre costo y eficiencia de conversión como se observa en la siguiente figura.

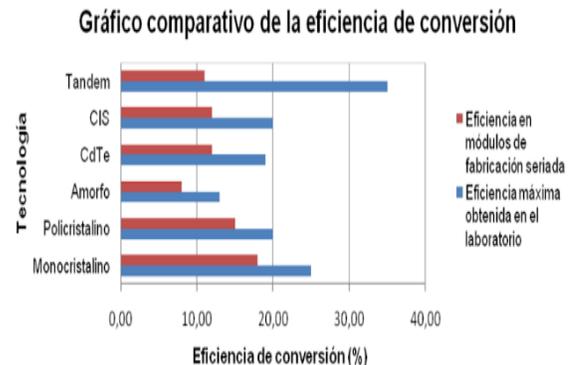


Fig. 1. Gráfico comparativo de la conversión [2].

Por amortización energética se entiende el tiempo en el cual la energía producida por un generador FV alcanza la energía empleada en su fabricación. Módulos FV de película fina presentan el mejor desempeño, amortizándose en dos o tres años figura 2. Instalaciones con células policristalinas necesitan de tres a cinco años para su amortización, y aquellas con células monocristalinas requieren de cuatro a seis años. Por ello, este tiempo depende, entre otros factores, de la eficiencia de conversión energética efectiva [3].

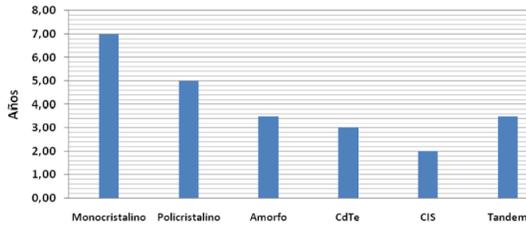


Fig. 2. Amortización energética [2].

El voltaje en vacío UOC (del inglés open circuit, circuito abierto) y la corriente de corto circuito ISC short circuit) son parámetros determinantes que deben ser considerados en el proyecto de una instalación generadora FV. La potencia nominal PMPP o P_{Max} e los módulos FV es dada en W_p (watt pico). El término “pico” se refiere a potencia sobre condiciones de ensayo, que no corresponden directamente a aquellas de operación normal de la instalación generadora FV. No se trata tampoco de la potencia de célula o del módulo sobre radiación solar máxima figura 3, pero si es el valor de potencia bajo determinadas condiciones de radiación.

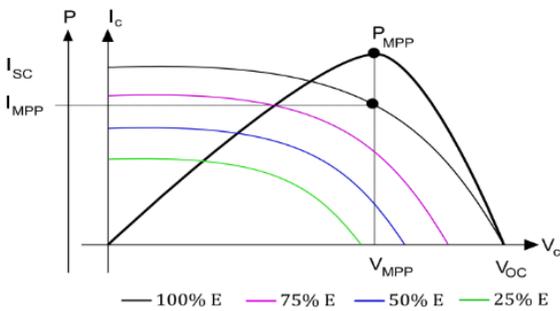


Fig. 3. Corriente y voltaje tópicos de una célula fotovoltaica [3].

Temperatura nominal de operación: El acrónimo inglés NOCT, de Nominal Operating Cell Temperature, designa la temperatura de la célula solar que se verifica en condiciones normales de servicio. Para lo cual, se toma como base un día normal de primavera europea, considerando una irradiación solar de 800 W/m², temperatura ambiente de 20 °C, Air-Mass de 1.5 y velocidad del viento de 1 m/s. La temperatura de la célula se sitúa en general entre 45 °C y 50 °C. Los datos numéricos anteriores pueden ser considerados como estándar mundial, pero para los de las temperaturas de la célula, debe aclararse que solo son para un día normal de la primavera europea y no para otras situaciones en nuestro planeta [2].

A. Disipadores de calor

A lo largo de la historia la temperatura ha sido un factor importante para mejorar o disminuir la eficiencia en diversas máquinas, la utilización de diferentes métodos de refrigeración es muy usado en múltiples aplicaciones, hay diversos dispositivos que lo hacen a través de sistemas de circulación de fluidos y otros a través de paletas disipadoras, existe gran variedad de estos como los que ofrece la empresa “Disipadores de calor México” que dentro de su catálogo los hay desde 28 mm hasta 230mm de longitud que permiten

adaptar a los nuevos proyectos. Esta empresa realiza pruebas térmicas para ver rentabilidad de sus productos, demostrando una reducción del 15 al 20% de acuerdo a su estudio térmico [5].



Fig. 4. Disipadores de calor [5].

Al poder reducir la temperatura del panel se busca que la eficiencia suba principalmente en los meses más cálidos, aumentando la rentabilidad de la instalación, es importante mencionar que dentro de los análisis costo-beneficio se verán impactados directamente al obtener un retorno de inversión en un plazo más corto.

El buscar alternativas para producir energía, se ayudará a disminuir considerablemente el impacto ambiental que genera el uso de energías fósiles, al minimizar los gases de efecto invernadero también bajará la probabilidad que el planeta suba su temperatura.

Dentro de las investigaciones realizadas para aumentar la eficiencia de los paneles, hay proyectos como el seguidor de luz que busca aumentar la eficiencia, pero a su vez aumenta en los costos de mantenimiento, dentro del proyecto a realizar se busca que los costos de mantenimiento sigan siendo los mismos para así aumentar la rentabilidad de los proyectos y hacerlo más llamativo para los inversionistas interesados. [3]

En la siguiente grafica obtenida de la página energías renovables el periódico de las energías limpias [1] se puede apreciar cómo es factible y rentable el poder disminuir la temperatura para mantenerla dentro de los 30° Celsius, también se demuestra que independientemente el material del módulo la eficiencia disminuye para ser más precisos los voltajes registrados son 2.3 mV para el Silicio y entre 2 y 2.2 mV en el caso de arseniuro de galio, estos materiales son los más usados en la fabricación de paneles solar fotovoltaico.

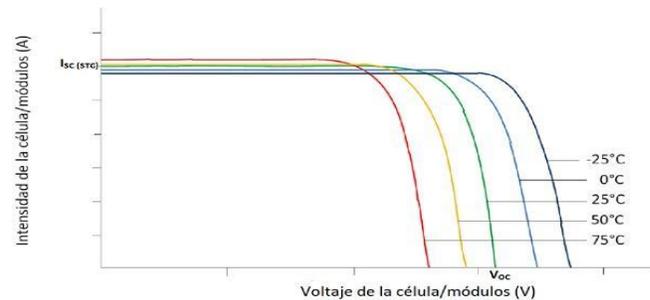


Fig. 5. Curvas de voltaje temperatura [1].

III. METODOLOGÍA

Realizar un prototipo en el software SolidWorks para ver especificaciones y posibles mejoras antes de la fabricación.

Mediante el estudio térmico que ofrece SolidWorks se pretende implementar pruebas con diferentes materiales para valorar la mejor decisión de material utilizado.

- 1) Elaboración de prototipo para la instalación y registro del diseño de experimentos.
- 2) Mediante una cámara termo gráfica medir las temperaturas del Panel solar y determinar cómo es que funciona con los disipadores de calor.
- 3) Elaborar el diseño de experimentos multifactorial para la instalación de procesos.
- 4) Con el apoyo del software Minitab realizar la corrida de las mediciones realizadas en los meses de abril a septiembre para ver la posible mejora.
- 5) Realizar un análisis de punto de equilibrio para validar el proyecto.

IV. DESARROLLO

La elaboración del panel solar fotovoltaico en el programa de diseño Solid Works, así como también el disipador de calor que ayudaron para el estudio térmico de simulación a continuación se muestran las características en cada uno de los planos.

Es el plano de la imagen 7, se puede observar que es un panel solar fotovoltaico de la marca GI-POWER GP – 150P-36, 12V nominal 150W, con un total de 36 células y con unas dimensiones de 165 X 156 mm, el largo del panel es de 1480 mm por 670 mm y una altura de 35 mm, con un peso de 10.7Kg. se replicaron las características en el panel.

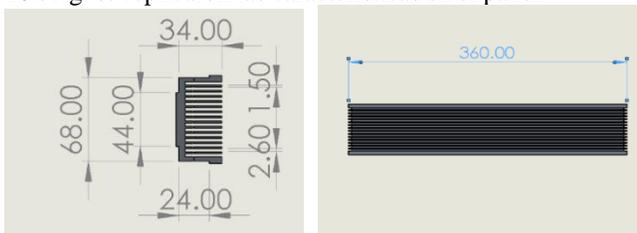


Fig. 6. Plano del disipador de calor

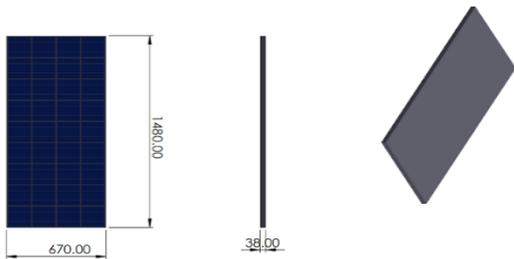


Fig. 7. Planos de panel fotovoltaico

También se diseñó el disipador de calor usando como base los disipadores de un pc, el material agregado es el aluminio que tiene uno de los mejores coeficientes de conductividad

térmica, y su costo no es tan elevado, las dimensiones se muestran en los planos de la figura 7

Después de contar con los elementos principales en SolidWorks se procede a realizar un análisis térmico que ayude a visualizar los efectos de la temperatura solo se agregaron dos disipadores en un extremo para poder comparar la disipación de calor que se tenía en el panel. Como se puede apreciar en la siguiente figura 8 y 9 donde se colocaron los disipadores de calor es en el que se encuentran las temperaturas más bajas y a medida que se aleja comienza a subir la temperatura, teóricamente se incide que la eficiencia disminuye.

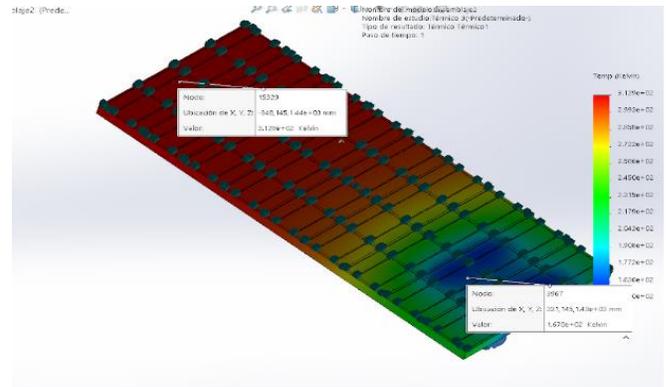


Fig. 8. Modelo térmico

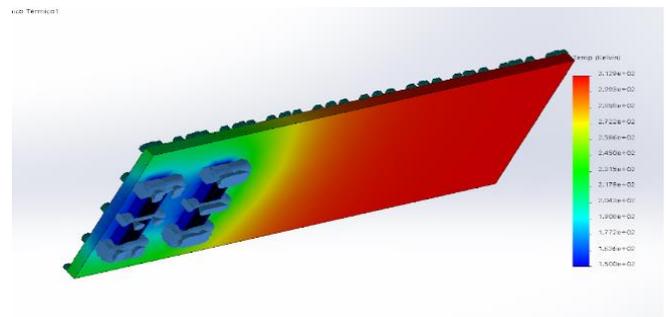


Fig. 9. Modelo térmico del panel con disipador. En este modelo térmico se definió como una radiación y en la parte posterior generando un calor hipotético de 40 °C después una conducción de calor entre el panel y el disipador, finalmente una carga convectiva en todas las paredes expuestas en el modelo colocando una temperatura ambiente de 25°C y se obtienen los resultados anteriores, es importante mencionar que para dicho estudio se agregó una maya con una cantidad de nodos de 44480 para obtener un total de elementos de 24164 como se muestra en la siguiente figura 10.



Fig. 10. Malla del modelo de simulación

Con el presente diseño se pretende medir la eficiencia de los paneles solares con respecto al número de disipadores instalados. Se realizarán réplicas del experimento y con una tabla ANOVA, se evaluarán los resultados estableciendo la hipótesis: los disipadores instalados influirán en la eficiencia del panel. Tomando ciertas variables de temperatura, donde los paneles presentan la menor eficiencia.

Modelo de un Diseño de experimentos para analizar el cambio en la eficiencia de los paneles solares con respecto a la variación de la temperatura, al agregar disipadores de calor al panel solar.

Diseño Experimental de dos factores con 6 réplicas

Factores del experimento

- 1) Temperatura ambiente número de temperaturas 3
- 2) Numero de disipadores 6 cantidades diferentes de disipadores
- 3) E_i =Eficiencia del panel
- 4) 6 réplicas para el experimento
- 5) Experimento de 108 corridas experimentales

	A1	A2	A3																																				
B1	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
B2	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
B3	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
B4	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
B5	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
B6	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7	<table border="1"> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>E</td><td>E</td><td>E</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> </table>	E	E	E	1	2	3	E	E	E	5	6	7
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					
E	E	E																																					
1	2	3																																					
E	E	E																																					
5	6	7																																					

Fig. 11. Modelo del diseño de experimento

V. CONCLUSIÓN

Gracias a los estudios térmicos realizados en el software de SolidWorks, es factible reducir la temperatura del panel solar. Se puede demostrar con las condiciones de temperatura del panel de 40°C y una temperatura ambiente de 25 °C es posible reducir la temperatura del panel, lo que conllevará a aumentar la eficiencia de este., una vez demostrado esto, la siguiente fase es encontrar la cantidad óptima de disipadores. Con ayuda del diseño de experimentos se medirán la temperatura del panel solar y el funcionamiento del disipador de calor mediante cámara termográfica, por lo tanto, se puede decir que se cumplen con las expectativas y se podrá tener la temperatura dicha por el fabricante del panel solar para su óptima operación.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez unidad Académica Zapotlanejo por facilitar los medios para la realización de la investigación, así como a las empresas que aportaron opiniones sobre el proyecto y muy en especial a la Mtra. Gisela Ramírez Pimentel, por el apoyo recibido.

REFERENCIAS

- [1] E. Collado, "Los efectos de la temperatura en la producción de las instalaciones fotovoltaicas". Energías renovables. 2015 [En línea]. Disponible en: <https://www.energias-renovables.com/eduardo-collado/los-efectos-de-la-temperatura-en-la-20150713-1>
- [2] R. A. Álvarez López y M. A. García Angarita, "Parámetros comparativos de células fotovoltaicas para generación de energía", Ingeniería Eléctrica, vol. 35(3), pp. 193-201, 2014.
- [3] E. B. Pereira, F. Ramos Martins, A. Rodrigues Gonzalves, R. Santos Costa, F. J. Lopes de Lima, R. Rütther, S. Luna de Abreu, G. Máximo Tiepolo, S. Vitorino Pereira, J. Gonzalvez de Souza. *Atlas Brasileiro de Energia Solar*. 2da ed. Sao José dos Campos. Sao Paulo, Brasil, 2017.
- [4] Disipadores de Calor México (2021), "Disipadores de calor". [En línea]. Disponible en: <https://disipadoresdecalormexico.com/>