

Revisión de celdas fotovoltaicas según eficiencia

Review of photovoltaic cells according to efficiency

LÓPEZ-CORDERO, Francisco†, MOSQUEDA-VALADEZ, Filemon, JURADO-PEREZ, F.* y GRANADOS-LIEBERMAN, D.

Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato - Silao Km. 12.5, C.P. 36821 Irapuato, Gto. Departamento de Ing. Electromecánica

ID 1^{er} Autor: *Francisco, López-Cordero*

ID 1^{er} Coautor: *Filemon, Mosqueda-Valadez*

ID 2^{do} Coautor: *F., Jurado-Perez*

ID 3^{er} Coautor: *D., Granados-Lieberman*

Recibido 23 de Marzo, 2018; Aceptado 12 de Mayo, 2018

Resumen

En México actualmente el consumo de energía eléctrica no renovable es cada vez más elevado debido a los energéticos comunes que se utilizan para la generación de energía eléctrica, es por ello por lo que se han logrado innovar nuevas tecnologías para mitigar el impacto al medio ambiente, Entre ellas se ubica el desarrollo de las celdas fotovoltaicas (CF), las cuales aprovechan la energía proveniente del sol para generar energía eléctrica. México está ubicado entre los mejores países con mayor eficiencia de radiación solar. Ciertamente esta tecnología no ha sido totalmente explotada debido a la falta de apoyos a la investigación, además la falta de información que existe para los pocos consumidores.

Celda fotovoltaica, Sistemas de monitoreo nacional

Abstract

In this work was carried out a study of the In Mexico currently the consumption of non-renewable electric energy is increasingly high due to the common energy used for the generation of electric power, which is why they have been able to innovate new technologies to mitigate the impact on the environment, among them is the development of photovoltaic (CF) cells, which take advantage of the energy from the sun to generate electricity. Mexico is among the best countries with the highest solar radiation efficiency. Certainly, this technology has not been fully exploited due to the lack of research support, in addition to the lack of information that exists for the few consumers.

Photovoltaic cell, National monitoring systems

Citación: LÓPEZ-CORDERO, Francisco, MOSQUEDA-VALADEZ, Filemon, JURADO-PEREZ, F. y GRANADOS-LIEBERMAN, D. Revisión de celdas fotovoltaicas según eficiencia. Revista del Diseño Innovativo. 2018, 2-3: 1-10

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: fejurado@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La implementación de esta tecnología aún carece de eficiencia para absorber totalmente los rayos y radiación emitida por el sol, lo cual es perjudicial para un mejor aprovechamiento de esta fuente de energía ilimitada, mediante la presente investigación se analiza y se estudia el tipo de CF de tal forma poder determinar su máxima eficiencia, así como definir mediante un análisis de radiación las zonas de México y poder tener una mejor ubicación de esta tecnología obteniendo así un mejor aprovechamiento de la energía solar.

En México actualmente el consumo de energía eléctrica no renovable es cada vez más elevado debido a los energéticos comunes que se utilizan para la generación de energía eléctrica, es por ello por lo que se han logrado innovar nuevas tecnologías para mitigar el impacto al medio ambiente, Entre ellas se ubica el desarrollo de las celdas fotovoltaicas (CF), las cuales aprovechan la energía proveniente del sol para generar energía eléctrica.

México está ubicado entre los mejores países con mayor eficiencia de radiación solar. Ciertamente esta tecnología no ha sido totalmente explotada debido a la falta de apoyos a la investigación, además la falta de información que existe para los pocos consumidores.

Tipos de Celdas Solares

A continuación, se presentan de manera general algunos de los tipos de celdas más significativos del mercado eléctrico y en base a ello partir de un análisis de eficiencia basada en la utilización de materiales semiconductores o conductores.

El principal material utilizado en las celdas fotovoltaicas es el silicio en sus diferentes formas que son:

- Silicio mono cristalino
- Silicio poli cristalino
- Silicio amorfo

De estos tipos de CF su principal composición es el material de silicio por ser el segundo elemento más abundante de la tierra y al mezclarse con otros materiales semiconductores y/o conductores se obtiene propiedades eléctricas únicas en contacto con la luz solar.

El silicio mono cristalino es un solo cristal de muy alta pureza consiguiendo una eficiencia del 19% en un sistema fotovoltaico (SF). Cabe mencionar que este tipo sistemas tienen mayor eficiencia de producción en el mercado.

El silicio poli cristalino se forma a partir de varios cristales de silicio. Su desarrollo es con fines para disminuir los costos de fabricación, lo negativo de este tipo de SF es que consigue una eficiencia menor a los monos cristalinos obteniendo solo un 4% menos de eficiencia que los monos cristalinos.

El silicio amorfo es uno de los menos confiables debido a su proceso de producción menos costoso y por lo tanto no tienen uso suficiente, obteniendo un 9% menos que el mono cristalino.

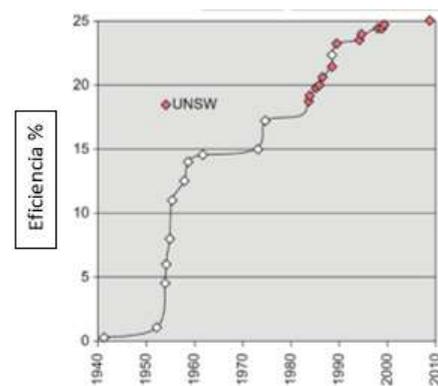


Figura 1 Evolución de la eficiencia de las células solares

A lo largo de los años desde la evolución de las celdas solares la eficiencia ha cambiado en los laboratorios de silicio, en la Figura 1 se muestra el avance y evolución de estas mismas, observando un gran avance en el año 1950 [5].

Dentro de la generalización de los tipos de silicio para la elaboración de celdas solares se encuentran diversos tipos de estas mismas para implementar y experimentar mejoras bajo ciertas condiciones de radiación [1], en la Tabla 1 se muestra algunos de los tipos de celdas que se eligieron para el análisis.

Tipo de celda solar.	Eficiencia (%)	Resistencia (Ω/cm^2)	Tipo de estructura
Células cristalinas o multicristalinas.	12 – 15%		policristalino
Células tipo Czochralski	12 – 15%		policristalino
Células tipo P	19.3%	1 a 3 Ohm	
Células Moradas	16%		monocristalino
Células Negras	17 – 18%	2.2 Ohm	monocristalino

Tabla 1 Tipos de celdas solares seleccionadas

Dentro de los tipos de celdas solares que se seleccionaron entran dos tipos de estructuras más comunes (monocristalina y policristalina), no se seleccionó ninguna celda de tipo amorfo derivado de lo mencionado previamente.

Cabe mencionar que los tipos de celdas con alto rendimiento seleccionadas en la Tabla previa aún se encuentran experimentándose en laboratorios o son de poca disponibilidad de venta al público por la razón que algunas son elaboradas con implantes de inmersión en plasma (Pulsión Tipo P) [3] y en otras se hizo uso de monóxido de silicón para mejorar el rendimiento y resistencia.

Análisis de Radiación Solar en México

La radiación solar también es la clave fundamental para el óptimo funcionamiento de absorción de esta energía mediante las celdas solares, es decir entre mayor radiación solar abunde en la zona donde se haga la instalación y colocación de los paneles fotovoltaicos mayor energía eléctrica producirán estos paneles.

Por otro lado, aunque ha habido y existido una mejora continua en la medición de radiación solar a nivel mundial, las redes de medición en los últimos años para la grabación de la energía solar y radiación es aún limitada.

En México la radiación es muy abundante gracias a su localización geográfica siendo uno de los mejores lugares para invertir con celdas solares, en la Tabla 2 se muestran algunos del estado de la república mexicana con su respectivo intervalo de radiación abarcando las 4 estaciones climáticas [6].

N°	Estado	Intervalo de radiación por un año (mega Joules).	Promedio Kw/h.
1	Aguascalientes	15-23	5.73
2	Baja California Sur	14-25	8.23
3	Campeche	13-22	5.58
4	Chiapas	13-21	6.66
5	Colima	18-24	5.75
6	Distrito Federal	15-23	5.75
7	Durango	14-23	5.71
8	Guanajuato	14-23	5.74
9	Guerrero	17-24	6.71
10	Jalisco	14-24	5.74
11	Estado de México	14-23	5.75
12	Michoacán	17-24	5.75
13	Morelos	16-24	5.75
14	Nayarit	16-24	5.73
15	Quintana Roo	14-22	5.81
16	Sinaloa	15-23	5.71
17	Yucatán	14-22	5.81
18	Zacatecas	14-23	5.29

Tabla 2 Estados seleccionados con mayor radiación solar y promedio de Kw/h

Es conocido que no todos los estados de la República mexicana se mantiene la misma intensidad de radiación solar.

Interpretando la Tabla previa se seleccionan los estados con mejores intervalos de radiación solar en todo el año y se descartan los estados con menor radiación solar. En la Tabla 3 se muestran los estados seleccionados con la mejor radiación solar.

Para la selección del estado de la república mexicana con una mejor ubicación y radiación solar se tomó en cuenta la mayor eficiencia durante las estaciones del año, por lo tanto y en base a su estabilidad y derivado de la existencia donde se tiene una muy buena radiación, sin embargo, solo por un lapso breve.

Una vez descartando los estados de la república con una radiación solar baja se determinan los estados con una eficiencia viable para para instalar sistemas fotovoltaicos así para aprovechar la mayor eficiencia en las mejores zonas de radiación solar de la república.

Para observar de una manera más generalizada en la siguientes Figuras 2, 3, 4 y 5 se aprecia el comportamiento de la radiación recibida en la república mexicana a partir de las estaciones climatológicas.



Figura 2 Representación de niveles de radiación en primavera



Figura 3 Representación de niveles de radiación en verano

N°	Estado	Radiación medida en Megajoules			
		Primavera	Verano	Otoño	Invierno
1	Aguascalientes	22-25	17	16-17	15-16
2	Baja California	24-25	21-22	13-15	dic-15
3	Baja California Sur	24-25	21-22	14-16	15-16
4	Campeche	21-22	19-21	16-18	13-15
5	Chiapas	19-21	18-20	15-19	13-18
6	Chihuahua	21-23	18-22	13-16	13-15
7	Coahuila	19-22	15-22	nov-16	nov-15
8	Colima	23-24	18	18-19	18-19
9	D.F.	22-23	15-17	17-19	17-19
10	Durango	21-23	18-21	15-17	14-16
11	Guanajuato	21-23	14-18	16-18	16-18
12	Guerrero	21-24	18-20	17-19	17-19
13	Hidalgo	20-22	14-16	15-17	dic-17
14	Jalisco	23-24	14-18	17-19	16-18
15	Estado de México	21-23	14-17	15-18	15-18
16	Michoacán	22-24	17-19	17-19	17-19
17	Morelos	23-24	16-19	17-19	16-19
18	Nayarit	23-24	17-19	17-19	16-18
19	Nuevo León	21-22	18-21	13-16	nov-15
20	Oaxaca	20-22	15-17	15-19	16-19
21	Puebla	19-22	15-17	15-17	13-17
22	Querétaro	20-22	14-16	15-18	13-17
23	Quintana Roo	21-22	20-22	17-19	14-15
24	San Luis Potosí	20-23	15-18	13-16	13-16
25	Sinaloa	22-23	15-18	15-17	15-16
26	Sonora	21-24	18-22	dic-16	13-16
27	Tabasco	19-21	16-20	15-17	dic-14
28	Tamaulipas	21-22	19-21	13-16	nov-14
29	Tlaxcala	19-22	15-17	15-16	15-16
30	Veracruz	19-21	15-19	14-17	oct-13
31	Yucatán	21-22	20-22	17-19	14-15
32	Zacatecas	22-23	17-18	15-18	14-17

Tabla 3 Intervalos de Radiación Solar divididos por estados y expresado en mega Joules



Figura 4 Representación de niveles de radiación en otoño



Figura 5 Representación de niveles de radiación en invierno

Análisis y metodología de Eficiencia para cada tipo de Celdas Solares

Las celdas solares son aún una tecnología en proceso de desarrollo para poder aprovechar al máximo la radiación y los rayos del sol.

La máxima eficiencia obtenida en la actualidad abunda en el 20% de la radiación captada por los sistemas CF.

Las correlaciones para calcular la radiación solar difusa se pueden clasificar en modelos con radiación solar global de tal importancia que la determinación de los cálculos de eficiencia para los sistemas fotovoltaicos es a partir de la zona donde se pretendan instalar estos ya que son de mayor importancia para que se obtenga el mayor aprovechamiento de esta tecnología a través de las investigaciones de las zonas seleccionadas [4].

En este sistema funcionara a partir de los datos y características siguientes:

- Tamaño del sistema de CC (kW).
- Tipo de módulo.
- Tipo de matriz.
- Pérdidas del sistema (%).
- Inclinación (grados).
- Azimut (grados).
- Ubicación, estado o país.
- Tipo de sistema.
- Costo Promedio de Electricidad Comprado de la Utilidad (\$ / kWh).

El sistema se encarga de medir la radiación obtenida por los sistemas CF implementados en el estado, esto será reflejado por mes haciendo de esto una facilidad o una herramienta útil para observar y experimentar sobre nuestros sistemas CF [8].

Para realizar los cálculos del sistema CF es a base de una metodología donde ya que se encuentra actualizada la información de radiación solar recibida por cada estado dentro de la republica mexicana gracias a la información contribuida por parte de (INTL) CIUDAD DE MÉXICO un grupo encargado de observar el comportamiento y calcular la radiación recibida en todas las zonas de México [7].

Este sistema no solo plasmara la información de aprovechamiento de Kw/h a partir de la selección del sistema CF y del estado o la zona donde se haya implementado, también el sistema se encarga de calcular el costeo ahorrado por el sistema plasmándonoslo en mes por mes, a su vez mostrando las radiaciones más altas y las más bajas, así como su total.

La selección de los mejores estados con mejor radiación se plasma en la siguiente Tabla 4 enumerando del mayor al menor en el índice de radiación recibida.

Nº	Estado	Promedio Kw/h.
1	Baja califomia sur	8.23
2	Guerrero	6.71
3	Chiapas	6.66
4	Quintana roo	5.81
5	Yucatán	5.79
6	Colima	5.75
7	Distrito federal	5.71
8	Estado de México	5.69
9	Michoacán	5.68
10	Morelos	5.66
11	Guanajuato	5.63
12	Jalisco	5.62
13	Aguascalientes	5.59
14	Nayarit	5.58
15	Durango	5.56
16	Sinaloa	5.53
17	Campeche	5.52
18	Zacatecas	5.49

Tabla 4 Estados seleccionados en orden del mayor al menor promedio de radiación recibida por año

La selección de los estados fue realizada en 4 niveles de intensificación de radiación, en la Tabla 5 se muestran los rangos y significado de los colores plasmados en la Tabla 4.

Color	Promedio (Kw/h)
Rojo	Mayor a 7
Anaranjado	6 – 7
Amarillo	5.66 – 6
Verde	Menor a 5.66

Tabla 5 Rangos de radiación respecto a su color

Metodología aplicada y sus resultados

De la Tabla 4 se selecciona el estado con mayor radiación para mostrar cómo funciona el sistema paso a paso.

Baja California Sur se encuentra con el índice más alto en radiación con 8.23 Kw/h, tomando en cuenta los siguientes parámetros Figura 6 para describir la utilización de las celdas solares de alta eficiencia en el sistema.

Tamaño del sistema de CC (kW)	16
Tipo de módulo.	Prima
Tipo de matriz.	Seguimiento de 1 eje
Pérdidas del sistema (%).	14%
Inclinación (grados).	30°
Azimut (grados).	180°
Ubicación, estado o país.	Baja California Sur
Tipo de sistema.	Comercial
Costo Promedio (\$ / kWh).	0.793\$

Figura 6 Tabla de características para el sistema

Los datos en la Figura 6 se han seleccionado tomando un promedio y uso estimado de los sistemas CF en México. El tamaño del sistema se toma de 16(cc) para estandarizarlo en el uso de los demás estados a implementar.

El tipo de modulo se refiere al porcentaje de eficiencia que se tenga en los sistemas seleccionados de la Tabla 1, se selecciona de tipo prima ya que se hace referencia a celdas de mayor eficiencia o de alto rendimiento de absorción de radiación solar como lo son los tipos de celdas propuestos.

El tipo de matriz se toma de seguimiento de 1 eje respecto a Y.

Las pérdidas de un sistema se promedian a un 14%, esto se encuentra dentro de la instalación de sistemas CF generalmente.

Para la inclinación de los paneles fotovoltaicos se rige a partir de las normas ISO y aplicaciones en práctica de modelos de orientación para asegurar la efectividad y seguridad del sistema CF [2].

La azimut se tomará de un máximo de 180°, esto es la cobertura y dirección de desplazamiento en el eje Y para que el sistema CF siga los rayos del sol para aprovechar por más tiempo la mayor eficiencia de absorción por el sistema.

Dentro de la ubicación se seleccionarán los estados de la Tabla 4 a destacar por su mayor índice de radiación comenzando por Baja California Sur.

Tipo de sistema, hace referencia a que estos sistemas CF serán instalados o podrán ser instalados en cualquier casa o lugar donde seleccionando tipo comercial.

El costo de Kw/h se estandariza bajo el coste de CFE, por la razón de ser la empresa líder de distribución de energía eléctrica en la república mexicana que sería de 0.793\$ por Kw/h.

Después de obtener y analizar cada una de las características de la zona a calcular, estos son interpretados en la Figura 6 para después obtener un análisis plasmado por la Tabla 6, donde se presentan los valores de Kw obtenidos o aprovechados durante todos los meses.

Los resultados obtenidos en la Tabla 6 representan la radiación solar que se entra en la zona por mes en (kwh/m2/día), un lado se sitúa la energía ac (kw/h) aprovechada por nuestro sistema CF en cada mes tomando en cuenta la configuración que se empleó en el sistema.

Otro factor que se mostrara como determinante son las ganancias económicas obtenidas por mes arrojando un total anual bastante considerado por la efectividad del sistema.

Baja California Sur			
Mes	Radiación Solar (kwh/m2/día)	Energía AC (kwh)	Valor Energético (Pesos)
Enero	6.79	2.702	1,891
Febrero	7.41	2.613	1,829
Marzo	8.78	3.425	2,397
Abril	9.61	3.425	2,397
Mayo	9.72	3.659	2,561
Junio	9.53	3.445	2,412
Julio	7.98	2.975	2,082
Agosto	8.64	3.224	2,257
Septiembre	8.83	3.231	2,261
Octubre	8.34	3.204	2,243
Noviembre	7.16	2.713	1,899
Diciembre	6.18	2.469	1,728
Total Anual	8.247	37,085	25,957

Tabla 6 Resultados calculados en Baja California Sur

Cabe mencionar lo destacado son los (kw/h) obtenidos por el sistema por lo que son plasmados en la Figura 7 para observar con detalle su comportamiento al paso de los 12 meses incluyendo el efecto de las cuatro estaciones climáticas de estos.

Después de Baja California Sur por siguiente se encuentran Guerrero y Chiapas. Estos también serán plasmados en la siguiente Tabla 7 mostrando así los resultados analizados de la efectividad de este al sistema CF propuesto.

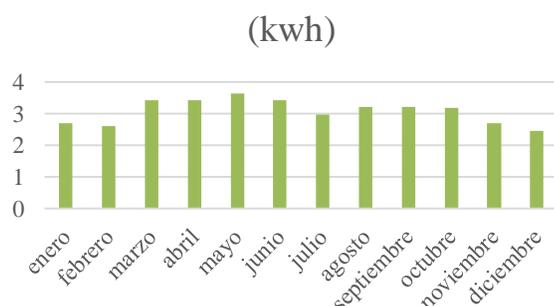


Figura 7 Grafica de los resultados obtenidos de Baja California

Guerrero			
Mes	Radiación Solar (kwh/m2/día)	Energía AC (kwh)	Valor Energético (Pesos)
enero	7.27	2.733	1,913
febrero	7.78	2.648	1,854
marzo	8.25	3.105	2,174
abril	6.64	2.442	1,709
mayo	6.15	2.326	1,628
junio	5.66	2.076	1,453
julio	5.68	2.148	1,504
agosto	5.77	2.164	1,515
septiembre	5.62	2.066	1,446
octubre	7.06	2.616	1,831
noviembre	6.67	2.389	1,672
diciembre	6.57	2.446	1,712
Total Anual	6.593	29,159	20,411

Tabla 7 Interpretación a los resultados obtenidos en el estado de Guerrero

Chiapas			
Mes	Radiación Solar (kwh/m2/día)	Energía AC (kwh)	Valor Energético (Pesos)
Enero	7.73	2.975	2,083
Febrero	8.29	2.865	2,005
Marzo	8.61	3.255	2,279
Abril	7.5	2.677	1,874
Mayo	5.97	2.265	1,585
Junio	4.91	1.853	1,297
Julio	5.52	2.172	1,52
Agosto	5.5	2.167	1,517
Septiembre	5.27	1.983	1,388
Octubre	5.46	2.106	1,474
Noviembre	6.42	2.369	1,658
Diciembre	7.25	2.813	1,969
Total, Anual	6.535	29,488	20,649

Tabla 8 Interpretación a los resultados obtenidos en el estado de Chiapas

Como ocurrió en el caso de Baja California Sur, ahora se obtienen las gráficas de Guerrero y Chiapas "Figura 8" para mostrar definitivamente el comportamiento en (kwh) obtenidos en estos estados durante los 12 meses.

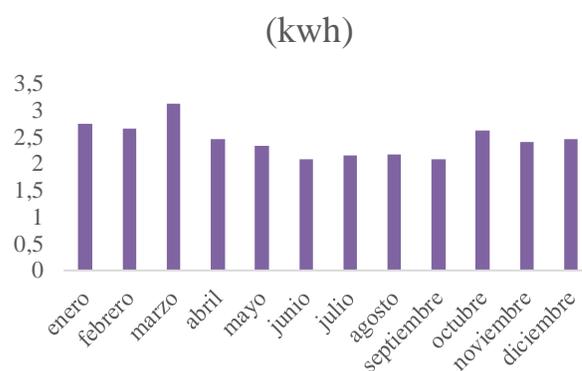
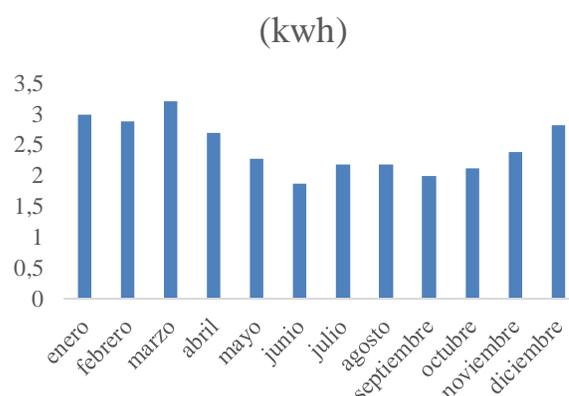


Figura 8 Grafica de los resultados obtenidos en los estados de Guerrero y Chiapas



La investigación de los 3 principales estados con mayor radiación tiene como fin observar el comportamiento del sistema CF propuesto para obtener los mejores resultados aprovechando la mayor absorción de radiación que llega a estos estados, esto también se refleja mayormente en la parte económica ahorrada tomando en cuenta el menor impacto ambiental obtenido por este sistema de paneles fotovoltaicos.

En la Figura 9 se observa el comportamiento de la radiación obtenida por los sistemas fotovoltaicos en los 3 estados ya mencionados.

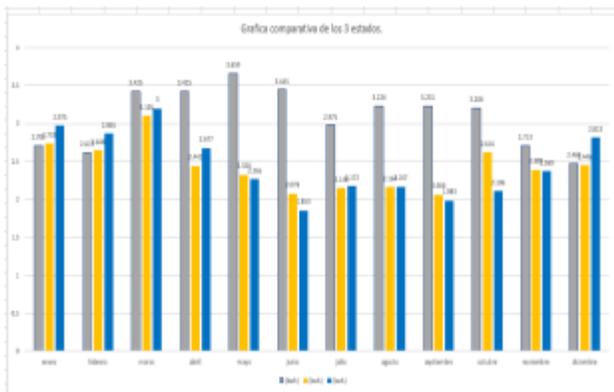


Figura 9 Grafica de comparativa de los resultados analizados de los 3 estados

Cabe mencionar que los resultados totales al año sobre estos estados son los siguientes:

Con este sistema se generó un total de 95732(kwh) de AC.

Se ahorro o se ganó un total de \$67017.

Como se observó en la Figura 9 se realizó una comparativa para apreciar más detalladamente la diferenciación entre las mismas radiaciones promediadas por cada estado en cada mes.

Retomando el método usado para emplear los resultados de la investigación de los primeros 3 estados es utilizado para poder determinar los resultados de los estados restantes de la Tabla 4.

En total a determinar son 15 estados más, en la Tabla 8 se presenta a detalle haciendo énfasis en la radiación recibida en la zona del estado en el periodo de los 12 meses obteniendo su promedio anual en (kwh/m2/día) y también presentando el capital generado o ahorrado anualmente por el sistema CF implementado en las zonas de estos estados.

Cabe mencionar que los siguientes datos obtenidos de la Tabla 8 varían muy poco de un estado a otro debido a la selección continua del más alto promedio de radiación a la más baja radiación obtenida por cada uno de los estados seleccionados en la en la Tabla 4.

Ahora se realizarán otras dos gráficas, la primera grafica se realizará tomando los estados de Quintana Roo, Yucatán, Colima, D.F, Estado De México, Michoacán, Morelos y Guanajuato.

La segunda grafica se realizará seleccionando los estados restantes que son: Jalisco, Aguascalientes, Nayarit, Durango, Sinaloa, Campeche y Zacatecas.

Se opto representar en dos graficas la Tabla 8 debido a la sobre información que se tendría si se plasmara todos los estados en una sola gráfica.

De acuerdo como se aprecia en la Tabla 8, los datos que se obtuvieron debido a cada estado son algo muy estables y casi iguales mostrando poca diferencia entre estos mismos ya que la zona donde se investigó la radiación recibida es parcialmente estable en México con pequeña diferencia entre estas mismas

Para poder apreciar mejor los resultados entre los estados dentro de la gráfica de realizo Tabla 9 indicando el estado con su debido color dentro de la gráfica haciendo de esto un mejor entendimiento.

Como se aprecia en la Tabla 9, representa los datos o resultados obtenidos de la Figura 10 de estado por estado con su respectivo color.

El dato interesante que se aprecia fácilmente en estos resultados son que aún existe gran diferencia de radiación mayoritaria de Quintana Roo sobre los siguientes estados que siguen con mayor radiación, que son Yucatán y Colima.

A partir del Distrito Federal hasta Guanajuato mantienen una estabilidad casi igualitaria entre estos estados con una mínima diferencia como se aprecia en la Figura 10.

Esto da como resultado una pequeña diferenciación en los resultados de Figura 10 como se llega a mostrar.

También esto repercute o afecta en la Figura 11 que vendría siendo la segunda grafica que plasma los estados resultantes de la Tabla 8 para acabar de observar los resultados totales de esta tabla y la comparación entre estos.

Estado "Primer Grafica"	Color
Quintana roo	[Color]
Yucatán	[Color]
Colima	[Color]
Distrito federal	[Color]
Estado de México	[Color]
Michoacán	[Color]
Morelos	[Color]
Guanajuato	[Color]

Tabla 9 Representación de los primeros estados debido a su color

Estado "Segunda Grafica"	Color
Jalisco	[Color]
Aguascalientes	[Color]
Nayarit	[Color]
Durango	[Color]
Sinaloa	[Color]
Campeche	[Color]
Zacatecas	[Color]

Tabla 10 Representación de los segundos estados debido a su color

En esta última grafica "Figura 11" se aprecia que los resultados de los últimos estados son muy similares entre estos mismos observando muy pequeñas variaciones, esto es debido a la casi igualdad de radiación en promedio anual que recibe cada estado dentro de la república mexicana.

Estos son los resultados aproximadamente que se tendrían si se implementara el sistema CF de alta eficiencia propuesto en estos estados para aprovechar la muy buena radiación que entra a la república mexicana sin mencionar el alto capital.

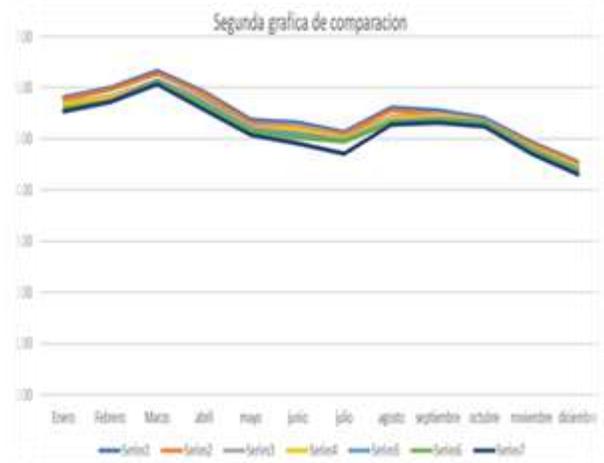


Figura 11 Segunda grafica representativa de los segundos estados seleccionados comenzando desde Jalisco hasta Zacatecas

Estados/meses	Promedio de Radiación Recibida por cada mes en (Kw/h)												Promedio(kwh)	Capital Ahorrado
	Enero	Febrero	Marzo	abril	mayo	junio	Julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre		
Quintana roo	5.31	6.02	6.60	6.31	5.65	5.08	5.51	5.62	5.67	5.62	5.43	5.26	5.80	17940.0
Yucatán	5.31	6.02	6.60	6.31	5.65	5.40	5.51	5.62	5.67	5.62	5.62	5.43	5.79	17935.0
Colima	5.92	6.21	6.41	6.03	5.52	5.41	5.25	5.78	5.72	5.55	5.15	4.76	5.75	17875.0
Distrito federal	5.90	6.20	6.41	6.00	5.52	5.41	5.25	5.77	5.72	5.55	5.15	4.74	5.71	17743.0
Estado de México	5.90	6.15	6.38	6.00	5.50	5.40	5.30	5.80	5.70	5.48	5.12	4.80	5.69	17712.0
Michoacán	5.88	6.13	6.36	6.03	5.50	5.38	5.25	5.75	5.65	5.49	5.10	4.64	5.68	17667.0
Morelos	5.88	6.10	6.31	5.98	5.44	5.37	5.21	5.71	5.60	5.45	5.07	4.62	5.66	17575.0
Guanajuato	5.85	6.04	6.32	5.95	5.40	5.35	5.15	5.65	5.59	5.46	5.01	4.59	5.63	17503.0
Jalisco	5.81	6.00	6.33	5.92	5.37	5.31	5.14	5.61	5.55	5.41	4.94	4.54	5.62	17447.0
Aguascalientes	5.78	5.97	6.28	5.88	5.31	5.27	5.10	5.56	5.51	5.37	4.90	4.53	5.59	17359.0
Nayarit	5.70	5.83	6.15	5.80	5.25	5.24	5.04	5.43	5.49	5.35	4.84	4.47	5.58	17307.0
Durango	5.68	5.79	6.14	5.72	5.21	5.19	5.00	5.39	5.45	5.34	4.85	4.45	5.56	17243.0
Sinaloa	5.60	5.75	6.14	5.71	5.19	5.10	4.97	5.33	5.39	5.34	4.80	4.40	5.53	17123.0
Campeche	5.60	5.74	6.11	5.67	5.15	5.03	4.96	5.31	5.35	5.31	4.77	4.36	5.52	17077.0
Zacatecas	5.54	5.72	6.07	5.57	5.10	4.96	4.61	5.28	5.32	5.25	4.72	4.30	5.49	17009.0

Tabla 8 Representación de los datos obtenidos de los estados resultantes

Referencias

- [1] Markvart y Castaner (2012). Solar Cells 2nd Edition, Materials, Manufacture and Operation. 88-98
- [2] Augustin McEvoy, Tom Markvart, Luis Castaner. Practical Handbook of Fundamentals and Applications.
- [3] PV Asia Pacific Conference 2012, 19.3% Efficiency on P-Type Silicon Solar Cells by Pulsion®, Plasma-Immersion

- [4] El servier, Calculating the diffuse solar radiation in regions without solar radiation measurements
- [5] Markvart y Castaner). Solar Cells First Edition, Materials, Manufacture and Operation
- [6] <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- [7] <http://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>
- [8] Photovoltaic Systems II, EE 446/646