



Sistemas Fotovoltaicos de baja potencia interconectados con la Red Eléctrica: hacia la sustentabilidad energética

Sarah Ruth Messina Fernández, Irma Paz Hernández Rosales,
Claudia Estela Saldaña Durán

Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la cultura Amado Nervo S/N,
Col. Los Fresnos, C.P. 63155, Tepic, Nayarit.
sarah.messina.uan@gmail.com

Introducción

La energía solar fotovoltaica es la conversión directa de la luz solar a energía eléctrica. El efecto fotovoltaico que se observa en las uniones de materiales semiconductores por la absorción de fotones al incidir sobre ellas la luz, es el encargado de la conversión de la energía solar en eléctrica.

Las celdas solares son dispositivos de estado sólido fabricados de materiales semiconductores, en las que dicha conversión se ha logrado con mayores eficiencias. Éstas convierten la energía solar en eléctrica con eficiencias de aproximadamente 10 a 15 %. Es decir, que si en un área (A) de un metro cuadrado (1 m^2) recibimos del Sol en promedio 1000 W de potencia (P), a la razón P/A se le denomina irradiancia, y se representa con la letra (G). De manera que si sobre un conjunto de celdas o "módulo fotovoltaico" de 1 m^2 , incide una irradiancia de 1000 W/m^2 , se puede obtener una potencia de entre 100 y 150 W durante el tiempo que el sol se mantenga con una intensidad de 1000 W/m^2 ($\sim 5 \text{ h}$ en casi todo el territorio nacional) así la energía ($E=P*t$) producida por un módulo fotovoltaico de 10% de eficiencia será de $100 \text{ W} * 5 \text{ h} = 500 \text{ Wh}$ por cada módulo de 1 m^2 .

México se encuentra geográficamente ubicado en lo que se denomina la franja solar (40° N a los 35° S) que es donde se recibe la mayor cantidad de radiación solar alrededor del mundo (figura 1). Sin embargo, toda esa energía está siendo desaprovechada en nuestro país, ya que de la capacidad total instalada para la generación de energía eléctrica en México, que es de 60.795 GW (1 GW= 1000 millones de watts) al 2010, menos del 1% proviene de la energía solar¹.

La distribución de la energía en México se reparte de la siguiente manera: 65% para uso industrial y comercial, 25% para uso residencial y el resto para la agricultura y otros servicios. Cabe señalar que la tasa de crecimiento es de $\sim 2\%$ anual, así, la energía eléctrica adicional que requerirá nuestro país para los próximos 8-10 años incrementará en $\sim 15\%$.

Por estas razones es importante promover el uso de tecnologías para el aprovechamiento de la energía renovable, y la implementación de proyectos productivos, demostrativos y divulgativos que concienticen a la sociedad sobre las bondades de éstas fuentes renovables y los beneficios que traería la utilización masiva de tecnologías para su aprovechamiento.



Nuestro país debe invertir en investigación y desarrollo tecnológico en temas como el de la energía, de lo contrario la crisis energética provocada por el agotamiento de los combustibles fósiles será devastadora, y no tendremos la posibilidad de desarrollar tecnología propia, condenándonos a que nuestro crecimiento dependa totalmente de otros países.

Las comunidades científicas de las diversas instituciones del país deberán dirigir sus esfuerzos hacia un mismo objetivo: desarrollar tecnología propia basada en criterios de sustentabilidad. El CONACYT actualmente promueve la creación de redes nacionales de investigación y con ellas ha aprobado la construcción de laboratorios nacionales que podrán ser utilizados por diferentes instituciones, ejemplos de ello son el Laboratorio de Innovación Fotovoltaica y Caracterización de Celdas Solares (LIFYCS) y el Laboratorio Nacional de Infraestructura en Sistemas de Concentración solar y Química Solar (LACYQS) ⁱⁱ ambos con sede en el Centro de Investigación en Energía de la UNAM ⁱⁱⁱ. Está en proceso de evaluación la propuesta para la creación del Centro Mexicano de Innovación de Energía Solar la cual, en caso de ser aprobada, marcará un paso trascendental en la historia de la ciencia y tecnología del país ya que se trata de un proyecto de carácter nacional que incluye a muchas instituciones públicas y privadas para trabajar en conjunto hacia objetivos relacionados con el aprovechamiento de la energía solar.

Por otra parte el 28 de noviembre del 2008 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) y el 02 de Septiembre del 2009 su reglamento (RLAERFTE) éstos buscan regular el aprovechamiento de las energías renovables para la generación de

electricidad “con fines distintos a la prestación del servicio público”^{iv}.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la implantación de un sistema fotovoltaico (SFV) en el laboratorio del cuerpo académico de sustentabilidad energética de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN).

La investigación se realizó desde dos diferentes enfoques: cuantitativo y cualitativo. Con el objetivo de evaluar el rendimiento del SFV y sus efectos en la suavización de los picos de demanda eléctrica ocasionados por el uso excesivo sistemas de enfriamiento durante los meses de verano y; por otro lado, medir el concepto de “sustentabilidad” en la comunidad universitaria de la UAN.

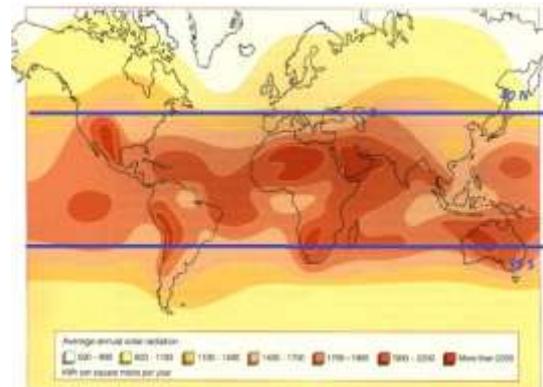


Figura 1. Mapa mundial de radiación solar promedio anual.

Desarrollo

El SFV fue instalado para satisfacer el 75 % de necesidades energéticas del laboratorio de sustentabilidad energética de la UAN. Para ello se hizo un levantamiento de las cargas eléctricas y sus tiempos de uso, estimando la energía consumida durante el día. Para el dimensionamiento del SFV se evaluó el recurso solar midiendo la irradiancia global, utilizando un piranómetro Kipp and Zonnen modelo CMP3, el cual se montó a 15 m de altura sobre la estructura de una estación anemolarimétrica (figura 2).



La estación está ubicada en el campus universitario de la UAN forma parte de la red de estaciones del mega proyecto: "Laboratorio Nacional para la Evaluación de los Recursos Energéticos Renovables en México" (LERM)^v con sede en el Instituto de Investigaciones Eléctricas^{vi} a la que aporta los datos obtenidos. Así, se contó con información precisa del recurso solar en la localidad para un dimensionamiento exacto al utilizar valores reales de la insolación en el sitio de instalación.



Figura 2 Piranómetro Kipp and Zonen CMP3 instalado en la estación anemo-solarimétrica de la UAN, utilizado para la evaluación del recurso solar en la ciudad de Tepic.

El SFV instalado consta de 10 módulos fotovoltaicos de silicio policristalino marca Kyocera modelo KD240GX-LFB de 240 watts, conectados en un arreglo de 10 módulos en serie, lo que resulta en un potencia total instalada de 2.4 kWp. El arreglo fotovoltaico se montó sobre una estructura fija de aluminio orientada al sur geográfico y colocando los módulos a una inclinación de 22° para favorecer la captación de radiación solar durante los meses de invierno. Este arreglo se conectó a un inversor de corriente marca Sunny Boy modelo 3000US de 3 kW, el cual convierte la corriente directa generada por el SFV a corriente alterna a 60 Hz tal como la recibimos de la compañía de luz. Para monitorear el desempeño del SFV se instaló una tarjeta de comunicación Sunny WebBox.

La superficie ocupada por los módulos es de 20 m² (figura 3). Este SFV

genera un aproximado de 330 kWh mensuales de energía eléctrica, suficientes para abastecer el 75 % de la demanda de energía del laboratorio de sustentabilidad energética de la UAN. Estos consumos de energía son típicos en hogares del ámbito urbano del municipio de Tepic, Nayarit. Por lo que se puede proponer la utilización masiva de estos SFV's para el sector residencial de la ciudad de Tepic, para abastecer cerca del 100 % su demanda energética, o bien, para bajar las tarifas de usuarios con alto consumo (DAC).

Si se propone como política energética nacional que la energía solar fotovoltaica aporte el 15% adicional de energía eléctrica que se requerirá en los próximos diez años, se deberían instalar cerca de 10,000, 000 de SFVs como el del presente estudio, es decir, 24 GW. O bien, considerando que somos cerca de 20 millones de familias conectadas a la red eléctrica, es posible proponer un esquema en el que cada una cuente un SFV de ~1.2 kWp interconectado con la red. Así, se tendrían los 24 GW adicionales para la generación de energía eléctrica. Además de los 5 GW necesarios para alimentar al 3 % de la población rural que vive sin acceso a una red eléctrica y tiene condiciones de vida inferiores a las de la población urbana, ya que sin electricidad no hay desarrollo comercial ni agrícola, tampoco se desarrolla la educación y la atención a la salud es escasa o no existe y en general la calidad de vida es inferior.



Figura 3. Sistema fotovoltaico de 2.4 kW interconectado con la red eléctrica instalado el edificio administrativo del área de ciencias básicas e ingenierías de la UAN.



Resultados

La evaluación del recurso solar de la ciudad de Tepic, se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Evaluación del recurso solar de la ciudad de Tepic, Nayarit.

MES	INSOLACIÓN PROMEDIO (kWh/m ²)	IRRADIANCIA MÁXIMA (W/m ²)
MARZO	6.31	1102
ABRIL	6.97	1024
MAYO	6.86	1041
JUNIO	6.47	1148
JULIO	5.74	1201
AGOSTO	5.27	1216
SEPTIEMBRE	5.19	1180
OCTUBRE	5.47	1018
NOVIEMBRE	4.56	863
DICIEMBRE	4.07	820
ENERO	3.77	866

La evaluación del recurso solar demuestra el gran potencial de aprovechamiento que presenta la energía solar en esta región del país, ya que se obtuvieron en promedio casi 6 horas solares pico, lo que posiciona al Estado por arriba de la media nacional que es de 4.5 h. La figura 4 muestra los valores de la energía eléctrica generada por el SFV durante el primer año de operación.

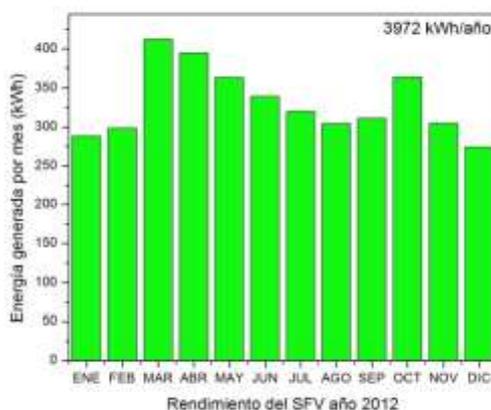


Figura 4. Rendimiento del SFV de 2.4 kW instalado en la UAN durante un año de funcionamiento.

Durante los meses de verano entraron en operación dos sistemas de aire acondicionado LG de 12000 BTU/hr cada uno, cuya potencia total es de 2.5 kW. Estos equipos trabajan durante 8 h al día, lo que representa un consumo energético de 20 kWh-día, por lo tanto, el SFV que durante los meses de verano genera en promedio una energía diaria de 12.5 kWh es capaz de proveer el 62.5% de la energía requerida por las unidades de aire acondicionado, suavizando así el pico de demanda ocasionado por su utilización.

Uno de los resultados importantes de este proyecto demostrativo fue la divulgación y socialización de los resultados obtenidos mediante foros informativos donde especialistas en energía solar expusieron al público en general los aspectos científicos y tecnológicos relacionados con el aprovechamiento de la energía solar. Otro aporte fue la impartición de un curso de capacitación para el diseño y dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos en colaboración con el Centro de Investigación en Energía de la UNAMiii.

Con respecto a la medición del concepto "sustentabilidad", se realizó un estudio utilizando un diseño estratificado con la aplicación de la técnica de la encuesta. El universo total de la comunidad universitaria a la que se aplicó la encuesta es de 39,119 universitarios en dos niveles: medio superior y superior; sobre tres estratos: docentes, administrativos y estudiantes. En el nivel medio superior el universo corresponde a: 595 docentes, 274 administrativos y 3329 estudiantes; y en el nivel superior: 1770 docentes, 1465 administrativos y 23,949 estudiantes. Con la finalidad de tener una confiabilidad 95 % se tomó un tamaño de muestra en cada nivel y estrato de la siguiente manera: nivel medio superior: docentes 242,



administrativos 137 y 372; nivel superior: docentes 707, administrativos 637 y estudiantes 1579. La encuesta fue diseñada con un cuestionario cerrado de doce preguntas que proporcionaron datos sobre las variables de investigación, el conocimiento y las actitudes hacia la sustentabilidad y las energías renovables.

El análisis de resultados demostró que en la UAN más del 50 % de la comunidad universitaria carece del conocimiento sobre el concepto de sustentabilidad. Además, no existe una contribución o una propuesta de llevar a la universidad hacia la sustentabilidad. Los resultados sugirieron que la educación ambiental debe ser un eje transversal que puede incidir sensiblemente en la comunidad universitaria para mejorar el conocimiento y alcanzar objetivos actitudinales y conductuales hacia el ambiente. Así mismo, se encontró que es necesario construir escenarios viables para llevar a la universidad hacia la sustentabilidad e insertar dicha cultura en la política institucional universitaria como un eje rector transversal, para perpetuar los beneficios en el tiempo y espacio, mejorar la calidad de vida y fortalecer las capacidades de la sociedad preservando los recursos. Además, trabajando en conjunto Universidad, Sociedad y Gobierno en un esfuerzo colectivo se pueden impulsar políticas públicas y reglamentos que obliguen a los consumidores a hacer un uso

racional de la energía y a aprovechar más eficientemente los recursos energéticos.

Conclusiones

La implementación del SFV generó durante los meses de enero a mayo el 75% de la energía requerida por el laboratorio de sustentabilidad energética y durante los meses de junio a septiembre, en los cuales se duplica el consumo energético del laboratorio debido a la utilización de sistemas de enfriamiento, el 62.5% de la energía extra requerida por las unidades de aire acondicionado, disminuyendo así el pico de demanda provocado por el uso de tales dispositivos.

El aprovechamiento de la energía solar debe ser un tema prioritario para el desarrollo social sustentable del estado de Nayarit, puesto que los valores de insolación diaria demostraron que el recurso solar de aproximadamente 6 horas pico es mayor al promedio nacional.

El cambio de cultura de la sociedad universitaria hacia la sustentabilidad debe ser un esfuerzo que nos incluye a todos, de ahí la importancia de la divulgación y la socialización de estos temas no sólo en la comunidad universitaria sino en la sociedad en general ya que sólo una sociedad consciente e informada será capaz de lograr este cambio.

Referencias

ⁱ <http://www.renovables.gob.mx/renovables/portal/Default.aspx?id=1653>

ⁱⁱ <http://www.redfe.org.mx/es/index.php/laboratorios-nacionales>

ⁱⁱⁱ www.cie.unam.mx/

^{iv} <http://www.renovables.gob.mx/renovables/portal/Default.aspx?id=1658&lang=1>

^v http://evaluarer.iie.org.mx/genc/evaluarer/lerm/doc/Breves_lerm_BIIE.pdf

^{vi} www.iie.org.mx

Agradecimientos

Al PROMEP por los recursos financieros otorgados para la realización de este proyecto. Al Instituto IIE y al proyecto LERM por la instalación de la torre anemo-solarimétrica en el campus universitario. Al Dr. Aarón Sánchez Juárez de CIE-UNAM por el apoyo brindado.