

Uso eficiente de la energía en sistemas fotovoltaicos interconectados a red

Mauricio Ivan Huchin-Miss *, Romina Daniela Cruz-Acosta, Germán Escalante-Notario y Francisco Olmos-Martínez

Universidad Autónoma de Campeche. Campus V. Facultad de Ingeniería. San Francisco de Campeche, Campeche, México

* Autor de correspondencia: mihuchim@uacam.mx

Artículo de divulgación científica

Recibido: 7 de octubre de 2024 Aceptado: 9 de diciembre de 2024 Publicado: 15 de diciembre de 2024

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v3i1.258>

Resumen: El documento presenta un análisis del uso de la energía entre sistemas fotovoltaicos con uso eficiente y uso ineficiente de la energía interconectados a nivel residencial. Los sistemas fueron diseñados para cubrir el 100 % de la demanda energética. Sin embargo, se ha observado que atípicamente una vez instalado, algunos usuarios incrementan desmedidamente su consumo energético sobrepasando la capacidad de generación. Esto representa costos económicos en el intervalo de \$50 pesos a \$3,000 pesos en promedio. Los usuarios del caso de estudio cuentan con el servicio de tarifa 1C y mediante un diagnóstico energético de nivel I, se identificó que la tecnología de aire acondicionado representa el Uso Significativo de la Energía (USEn). Para cerciorarse que los elementos del sistema no tuvieran una incorrecta operación, se procedió realizar mediciones con un analizador de redes AEMC 3945-B, a la salida del inversor y en el lado fuente del interruptor principal, obteniéndose datos para determinar el comportamiento de la energía generada, energía solicitada a CFE, consumos de energía en períodos de generación y energía inyectada a la red.

Palabras clave: energía; fotovoltaico; aire acondicionado; medición

Introducción

En los últimos años, derivado del aumento en la temperatura ambiente, las viviendas en la región peninsular de Yucatán han incrementado su demanda energética por el uso de equipos de aire acondicionado (Bracho *et al.*, 2021). Aunado a ello, después de la pandemia ha incrementado el trabajo remoto y otras actividades relacionadas al uso de equipos de oficina y gadgets (Montaudon *et al.*, 2021).

Tal es el caso, que los usos finales de la energía para refrigeración (que involucra la refrigeración de alimentos y aire acondicionado), cocción eléctrica de alimentos y malas prácticas de uso por iluminación, sonido y televisión impactan significativamente en la factura eléctrica (NU. CEPAL, 2018).

Al considerar las actividades rutinarias que los habitantes realizan en casa por periodos mayores de 6 horas por día, y que involucran el uso de distintos dispositivos, así como el confort térmico que se busca mantener al realizar dichas actividades, resulta relevante evaluar los usos finales de la energía, ya que en conjunto, al no tener en cuenta el uso eficiente de la energía, incrementa significativamente el consumo, de manera que los usuarios que previamente instalaron un sistema fotovoltaico interconectado a red (SFVIR) y diseñado a los consumos de energía previo a los usos ineficientes experimentan la ausencia de ahorros económico que inicialmente se tuvo e interpretan que el sistema presenta una operación errónea.

Ante ello, el caso de estudio aborda a dos usuarios con SFVIR que han incrementado su demanda energética mediante un uso similar de equipos de aire acondicionado de 9 a 15 y de 18-23 horas y temperatura del termostato menor a 23 °C y que, en paralelo hacen uso de los dispositivos de oficina consumidores.

Estos nuevos consumos han afectado la operación del sistema, ocasionado una nula o baja inyección de energía a la red. Esto se debe en parte a que el uso de un equipo de aire acondicionado de 12,000 BTU puede requerir una potencia fotovoltaica de 3,000 Wp (Alvarado y Cruz, 2020) por lo que en caso de tener más de un equipo. La generación de energía es insuficiente para los otros dispositivos eléctricos.

Por lo anterior, el trabajo aborda las consecuencias del uso ineficiente de la energía eléctrica a pesar de contar con un SFVIR y cómo afecta el comportamiento energético.

Desarrollo

Diagnóstico energético del caso de estudio

Partiendo de la metodología del diagnóstico energético, durante el año 2019 se realizó el levantamiento y mediciones eléctricas a dos SFVIR que no han recibido mantenimiento desde su instalación en sitio. Las mediciones eléctricas se realizaron mediante dos analizadores de redes eléctricas modelo AEMC 3945-B conectados en el interruptor principal de la acometida y en el interruptor de desconexión principal del SFVIR como se señala en la Figura 3.

Para el primer usuario se encontró un sistema de fotovoltaico de 2 fases y neutro con una tensión de 120 V/240 V conformado por 14 módulos de 325 W y un inversor de 5,000 W; mientras que el segundo usuario también presenta un sistema interconectado de 2 fases y neutro a 120 V/240 V, pero conformado por 16 módulos de 330 W y un inversor de 5,000 W.

En la Figura 1, se observan los comportamientos energéticos mensuales de cada usuario. Estos contemplan los usos ineficientes de la energía por uso del aire acondicionado a 18-20 °C, electrodomésticos sin desconectar y con consumo de energía en espera, así como equipos en operación cuando no son requeridos.

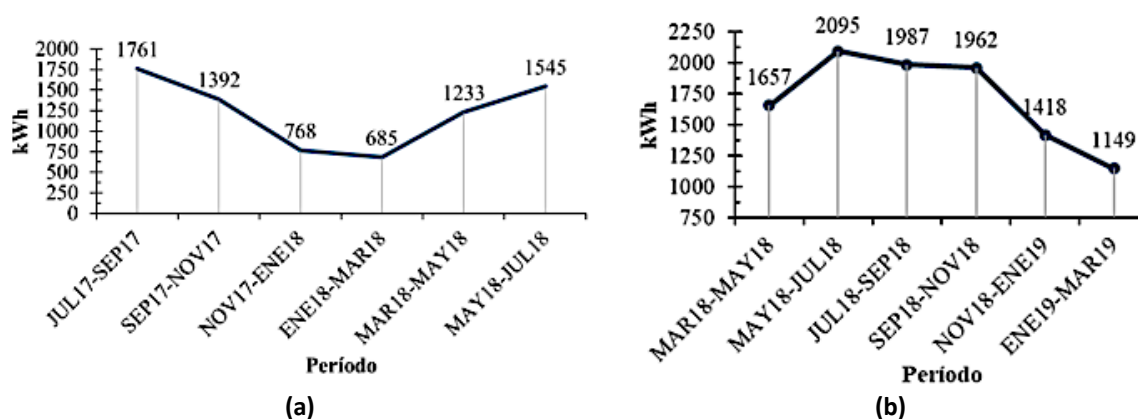


Figura 1. Consumo energético mensual: (a) primer usuario y (b) segundo usuario

Para ambos usuarios, los mayores consumos se presentaron en la temporada de verano. Inicialmente el sistema fue dimensionado para un suministro 20 kWh/día para el primer usuario y de 28 kWh/día para el segundo. Sin embargo, debido a los usos habituales de la energía en las viviendas, se tuvo incremento en los costos finales de \$51 a \$3,408 y de \$38 a \$895 pesos mexicanos.

Como punto de comparación, se recopilamos datos de un tercer usuario con uso racional de la energía y una vivienda de características similares a los usuarios anteriores, pero con un SFVIR dimensionado para 15 kWh/día. En la Tabla 1 se presenta un resumen del comportamiento energético en los periodos señalados

Tabla 1. Nuevos comportamientos del consumo energético

Período	1er usuario	2do usuario	3er usuario
	kWh		
Nov 19-Ene 20	1030	980	366
Ene 20-Mar 20	876	751	371
Mar 20-May 20	2157	1472	662
May 20-Jul 20	1975	1708	649

Para el primer usuario, al hacer un promedio del consumo en el período nov 19-mar 20, se tiene un aumento de 226 %, respecto al período marzo 20-mayo 20 y de 207 % para mayo 20-julio 20, es decir, un aumento del consumo de más

del doble. Al comparar con los mismos períodos del año 2018 de la Figura 1, se observa que para marzo 18-mayo 18 se tuvo un aumento del 75 % y para mayo 18-julio 18 del 28 %.

Para el segundo usuario, al comparar el promedio del consumo nov 19-mar 20, se tiene un aumento de 70 % respecto al período marzo 20-mayo 20 y de 97 % para mayo 20-julio 20. Al comparar con la Figura 1 para los mismos períodos, se observa un decremento en el consumo de energía.

El tercer usuario, también modificó su consumo, pero de manera racional, sin sobrepasar la capacidad de generación del sistema, de manera que los por cientos de aumento son de 76 % a 80 %. Esto corresponde a costos por energía de \$51 a \$36 y de \$51 a \$27 pesos respectivamente, por tener un consumo menor de 800 kWh/bimestre.

Como resultado del incremento en la energía total consumida, la inyección de energía a la red disminuyó significativamente. El primer usuario inyectó en promedio a la red 615 kWh del período marzo 20-julio 20 cuando en el período anterior inyectó 919 kWh.

El segundo usuario en comparación con el primero, inyecta una mayor cantidad de energía a la red, sin embargo, si continúa incrementado sus consumos totales de energía este valor de inyección presentará valores similares al del primero como se observa en la Figura 2.

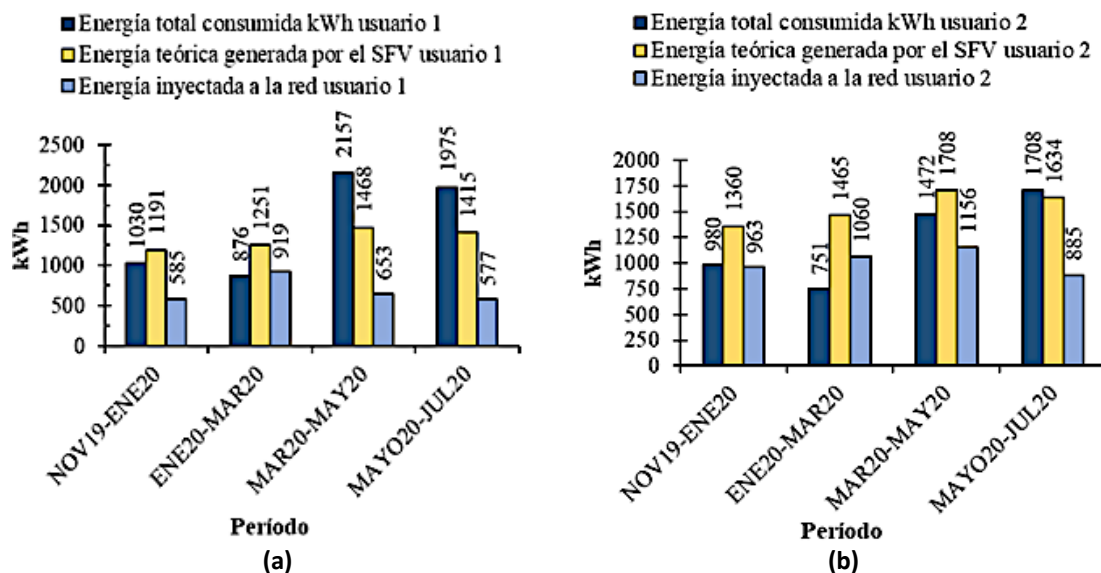


Figura 2. Comportamiento de la energía consumida, inyectada y generada (teórica): (a) primer usuario y (b) segundo usuario

Resultados

El correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico considera las condiciones ambientales que afectan significativamente la variación de la energía generada (Facchini *et al.*, 2014). Teniendo en cuenta las variaciones por las condiciones ambientales y habiendo realizado el levantamiento de los SFVIR, se prosiguió a descartar una operación errónea del medidor e inversor mediante la instalación de un equipo analizador de redes en el punto de interconexión del tablero general y otro en el punto de acoplamiento común en el lado fuente del interruptor principal. Esta medición solo se efectuó en el primer usuario por tener la mayor demanda energética, como se muestra en la Figura 3

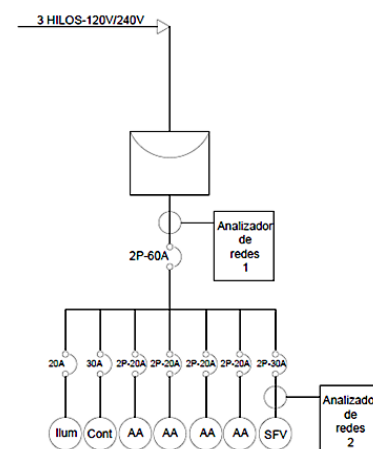


Figura 3. Conexión de analizadores eléctricos

Las mediciones demuestran que la potencia de los equipos que entran en operación supera los 4,000 W de potencia que puede suministrar el sistema fotovoltaico como se muestra en la Figura 4. Mientras que en la Figura 5, se observa que la potencia generada en la fase 1 está siendo usada por los equipos conectados a la misma fase 1 (color azul claro) y estos equipos están demandando gran parte de la potencia (entre 1,000 y 1,800 Watts) que genera el sistema, pero al no ser suficiente, también demanda al mismo tiempo un valor de 1,700 W de potencia promedio a CFE a través de la fase 2.

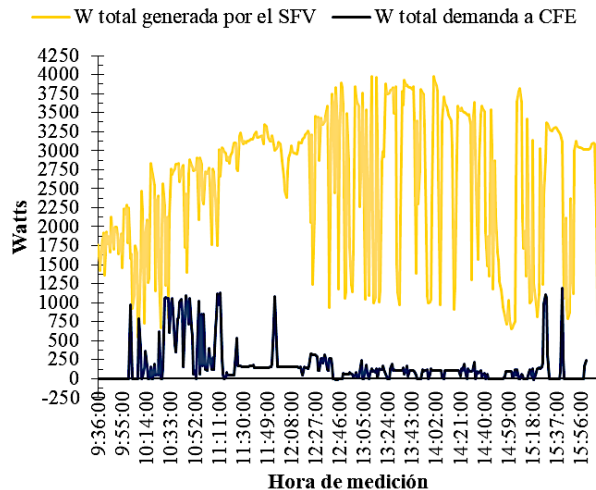


Figura 4. Potencia total generada por el sistema vs potencia total demandada a CFE.

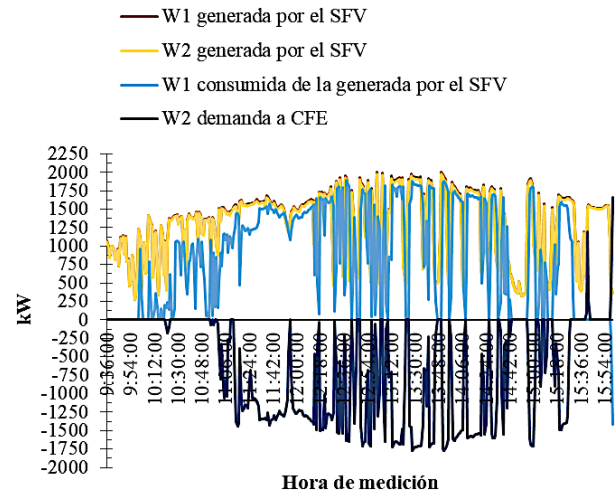


Figura 5. Potencia generada por fase y potencia demandada por fase.

Conclusiones

Es importante recalcar que los sistemas fotovoltaicos reemplazan una fuente de energía por otra (durante las horas de radiación), sin embargo, si el dimensionamiento no satisface el 100 % del consumo energético de la instalación o se presentan incrementos energéticos que no fueron considerados en el dimensionamiento inicial por causas no contempladas, la demanda energética de la instalación se satisfará mediante una combinación híbrida de suministro de energía convencional (CFE) y renovable, lo que impacta en los costos económicos finales por facturación de energía eléctrica como en el presente caso de estudio que tuvo un aumento de hasta \$3,408 pesos mexicanos, y si aunado a esto, se realizan usos ineficientes de la energía dentro de las rutinas diarias de los usuarios, se corre el riesgo de una incorrecta operación en el funcionamiento del SFVIR.

El presente caso de estudio permitió corroborar que el SFVIR operaba de forma correcta y que el origen de la problemática eran los incrementos en el consumo de energía debido a los periodos de uso de los equipos eléctricos involucrados en el trabajo remoto y los usos ineficientes. Ante ello, las recomendaciones emitidas a los usuarios involucraron la gestión de la energía en intervalos de operación que vayan de la mano con el trabajo remoto, el uso del aire acondicionado en el intervalo de 23 a 26 °C, la desconexión de equipos consumidores de energía en espera, así como aquellos que no se requieran en determinado momento.

Bibliografía

- Alvarado, M. y Cruz, G. (2020). *Manual del instalador fotovoltaico: Sistemas Autónomos*. CCEEA.
- Bracho, R., Flores, F., Morgenstein, J., Aznar, A., Castillo, R. y Settle E. (2021). *Evaluación energética de la península de Yucatán: Vías para un sistema energético limpio y sustentable*. Laboratorio Nacional de Energía Renovable.
- Facchini, M., Pontoriero, D., y Doña, V. (2014). Comportamiento de un sistema fotovoltaico en una vivienda residencial conectado a la red eléctrica de distribución. International Conference on Electricity Distribution.
- Montaudon, C., Pinto, I., Pérez, E., & Amsler, A. (2021). Estado del trabajo remoto en México durante la pandemia de COVID-19. *Observatorio de Competitividad y Nuevas Formas de Trabajo*, UPAEP.
- NU. CEPAL. (2018). Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de México. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43612-informe-nacional-monitoreo-la-eficiencia-energetica-mexico-2018>.