

La Casita Solar: Equipo didáctico para el proceso enseñanza-aprendizaje en la Carrera de Ingeniero en Energías Renovables

MARROQUÍN, Angel*†, AVIÑA, Andrea, DIAZ, Ana Laura, OLIVARES, Juan Manuel

Universidad Tecnológica de San Juan del Río, División de Química y Energías Renovables, Cuerpo Académico de Mantenimiento Industrial y Energías. Av. La palma no. 125, Col. Vista Hermosa, San Juan del Río, Qro.

Recibido 15 de Octubre, 2015; Aceptado 16 de Diciembre, 2015

Resumen

El presente trabajo muestra los resultados de caracterizar dispositivos que aprovechan la energía solar para la cocción de alimentos (olla y deshidratador solar), así como la evaluación de la calidad de la energía producida por un sistema fotovoltaico operando en modo isla, para suministrar energía eléctrica a un prototipo de vivienda denominado la "Casita Solar".

La Casita Solar": Equipo didáctico para el proceso enseñanza-aprendizaje en la Carrera de Ingeniero en Energías Renovables.

Realizar la propuesta de una vivienda sustentable que permita minimizar el consumo de energía. Registrar las variables climatológicas utilizando la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 Plus, instalada en la Universidad, realizar la cocción y deshidratado de alimentos, realizar la evaluación de la calidad de la energía producida por los paneles fotovoltaicos instalados en la azotea de la "Casita Solar". El prototipo denominado "Casita Solar" forma parte del equipamiento para la realización de prácticas en el programa educativo Ingeniería en Energías Renovables, coadyuva en la obtención de la competencia para formular proyectos de energías renovables mediante diagnósticos energéticos y estudios especializados de los recursos naturales del entorno, para contribuir al Desarrollo Sustentable y al uso racional y eficiente de la energía.

Energía Solar, cocción y deshidratado, generación de energía eléctrica

Abstract

This paper shows the results of characterizing devices that use solar energy for cooking (pot and solar dryer), as well as evaluating the quality of the energy produced by a photovoltaic system to operate in island mode, to supply power a housing prototype called the "Casita Solar".

La "Casita Solar" Training for the teaching-learning process in the School of Engineering in Renewable Energy Team.

Make a proposal for a sustainable housing that minimizes energy consumption. Register climatic variables using the weather station Davis Vantage Pro2 Plus, installed at the University, making cooking and dehydrated food, to realize the quality assessment of the energy produced by photovoltaic panels installed on the roof of the "Casita Solar". The prototype called "Solar Casita" is part of the equipment for the experiments in Renewable Energy Engineering educational program, assists in obtaining the competence to make renewable energy projects through specialized energy audits and studies of natural resources in the environment to contribute to sustainable development and the rational and efficient use of energy.

Solar energy, dehydrated cooking, power generation

Citación: MARROQUÍN, Angel, AVIÑA, Andrea, DIAZ, Ana Laura, OLIVARES, Juan Manuel. La Casita Solar: Equipo didáctico para el proceso enseñanza-aprendizaje en la Carrera de Ingeniero en Energías Renovables. Revista de Investigación y Desarrollo, 2015, 1-2: 151-157

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: amarroquind@utsjr.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

En la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, se oferta la carrera de Ingeniero en Energías Renovables área Calidad y Ahorro de energía, los estudiantes deberán de adquirir la siguiente competencia: Formular proyectos de energías renovables mediante diagnósticos energéticos y estudios especializados de los recursos naturales del entorno, para contribuir al Desarrollo Sustentable y al uso racional y eficiente de la energía, dentro de la curricula de materias se tienen: Energías Renovables que se imparte durante el tercer cuatrimestre y Calidad de la energía que se imparte durante el quinto cuatrimestre, se abordan temas diversos tales como: Energía Solar, Turboenergía, Bioenergía y sistemas híbridos de energía, calidad de la energía, generación de energía eléctrica, instalaciones fotovoltaicas entre otros, como parte del equipamiento para uso didáctico, se tiene una casita que ha sido dotada con algunas ecotecnias entre las cuales destacan: Paneles fotovoltaicos, olla solar y deshidratador solar, estos artefactos se han utilizado en el proceso enseñanza aprendizaje de dos generaciones de alumnos, se han caracterizado y se presentan los resultados en una propuesta de vivienda sustentable denominada “Casita Solar”, misma que se utiliza para la realización de prácticas.

Aunque para muchos el cocinar o calentar alimentos utilizando los rayos solares es algo novedoso o extraño, se tiene registro de cocinas solares desde el año 1761, a partir de este momento y hasta nuestros días se ha realizado un esfuerzo en la investigación de diferentes tipos de cocinas llegándose a desarrollar y fabricar algunos diseños muy ingeniosos.

Medición de la radiación solar

En la tabla 1 se muestran los valores de radiación solar global, temperatura ambiente, humedad relativa y velocidad del viento promediados mensualmente.

Registrados por la estación meteorológica Davis Vantage Pro2 plus, instalada en el edificio “I” de la Universidad Tecnológica de San Juan del Río, y que es administrada por la Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro, cabe destacar que el periodo de muestreo de los datos durante fue del 1° de mayo del 2014 al 30 de abril del 2015, tomando muestras cada 10 minutos. Se puede constatar el alto potencial de radiación solar que se tiene en el altiplano mexicano, mismo que se puede utilizar para cocción de alimentos, calentar agua y generar energía eléctrica mediante el uso de paneles fotovoltaicos.

Mes	Radiación global (MJ/m ²)	Temperatura (°C)	Humedad relativa, %	Velocidad del viento, (m/s)
Enero 2015	13.72	15.3	61.8	2.1
Febrero 2015	18.07	16.6	51.9	2.6
Marzo 2015	20.09	19.1	47.1	2.4
Abril 2015	22.07	20.7	44.9	2.4
Mayo 2014	23.80	20.6	52.6	2.8
Junio 2014	20.92	20.9	54.6	2.8
Julio 2014	21.78	20.4	63.8	2.5
Agosto 2014	21.13	19.8	69.9	2.2
Septiembre 2014	19.58	19.8	71.0	2.2
Octubre 2014	16.92	18.9	68.5	2.7
Noviembre 2014	15.37	16.1	62.0	2.2
Diciembre 2014	14.98	14.8	55.7	2.0

Tabla 1 Datos registrados

Olla Solar

Es un tipo de horno solar fabricado de manera industrial, que puede cocer y hornear prácticamente cualquier alimento, hervir agua, etc. Fue desarrollada por SHE (Solar Household Energy, Inc.) e impulsada en México junto con el FMCN (Fondo Mexicano para la conservación de la Naturaleza, A.C.) y la empresa ILS (Integrated Logistic Solutions). Consta de 3 partes: una olla con tapa de vidrio templado, un cazo de peltre negro (que se coloca dentro de la olla de vidrio como un solo elemento) y un panel plegable de aluminio eloxado.

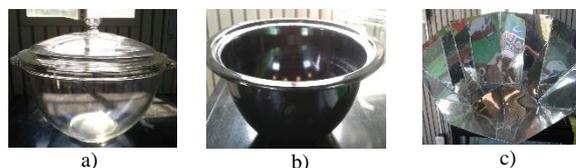


Figura 1 a) Olla con tapa de vidrio, b) Cazo de peltre negro, c) Panel plegable (reflector)

El panel plegable tiene las siguientes dimensiones: Altura de 0.37 m, largo: 0.77 m y ancho: 0.68 m. Funcionamiento: La olla se coloca al centro del panel y éste se posiciona frente al sol. La luz es reflejada por el panel en todas direcciones alrededor de la olla, penetrando el vidrio transparente para chocar finalmente con el cazo negro, el cual transforma la luz en calor, debido a su color y material. Dicho calor se transmite a los alimentos, incrementándose lentamente hasta terminar la cocción, este dispositivo puede alcanzar una temperatura hasta de 120°C. Un litro de agua alcanza a hervir en 1 hora; 2 kilogramos de pollo están listos en 2 horas; un pastel o pan se hornea en 3 horas aproximadamente. Es muy fácil de usar: sólo se tiene que colocar la comida en la olla y taparla; colocarla dentro del panel y posicionarlo frente al sol. Al término de 2 o 3 horas, la comida esta lista para comer. Se preparó un postre a base de arroz y leche utilizando la olla solar, para lo cual se utilizaron los siguientes ingredientes:

Ingredientes	Preparación
½ Taza de arroz lavado	Se lava el arroz opcionalmente se puede remojar, el arroz previamente para reducir el tiempo de cocción, se mezclan todos los ingredientes en el cazo negro y se coloca dentro del recipiente de vidrio.
3 Tazas de leche	
1 Taza de agua	
1 Taza de azúcar	
½ Taza de pasas	
Canela al gusto	



Figura 2 Preparación de un postre de arroz con leche.

Para realizar las mediciones de temperatura y humedad se utilizó un sensor DHT11 y una placa Arduino Mega. Los datos del sensor fueron enviados a una computadora portátil. Esta prueba se llevó a cabo el 18 de marzo del 2015.

Hora	Radiación	Temperatura	Humedad relativa	Viento
11h49	162 W/m ²	28 °C	37%	8.0 kph
12h04	206 W/m ²	35 °C	41%	3.2 kph
12h19	1107 W/m ²	42 °C	32%	20.9 kph
12h34	267 W/m ²	34 °C	34%	20.9 kph
12h49	262 W/m ²	39 °C	39%	4.8 kph

13h04	972 W/m ²	49 °C	26%	3.2 kph
13h19	218 W/m ²	35 °C	40%	8.0 kph
13h34	323 W/m ²	38 °C	40%	8.0 kph
13h49	1137 W/m ²	60 °C	18%	9.7 kph
14h04	241 W/m ²	41 °C	37%	6.4 kph
14h19	858 W/m ²	48 °C	29%	6.4 kph
14h34	650 W/m ²	46 °C	32%	4.8 kph
14h49	301 W/m ²	43 °C	35%	3.2 kph
15h04	369 W/m ²	45 °C	32%	14.5 kph
16h20	278 W/m ²	44 °C	34%	9.7 kph

Tabla 2 Variables registradas durante la experimentación

Para esta práctica en particular se pudo constatar que para lograr la cocción de los alimentos no es necesaria una potencia como los máximos proporcionados por una cocina convencional, en cambio, es posible cocinar a fuego lento (disminuir la potencia) y alargar los tiempos de cocción. Sin embargo, la potencia proporcionada por los rayos solares es tan baja, que la exposición directa de los alimentos a éstos es insuficiente para cocinarlos. Es por esto que es necesario encontrar la manera de aumentar la densidad energética solar que reciban los alimentos. Esto es precisamente lo que se consigue con el uso de las Cocinas Solares. Una cocina Solar es un dispositivo que utiliza la energía proporcionada por los rayos solares para lograr la cocción de los alimentos⁴ a través de la concentración o la acumulación de la energía. Se realizaron pruebas de degustación por parte de los estudiantes de la carrera de Energías Renovables, todos concluyeron que el postre estaba delicioso y que tenía buen sabor.

Se solicita a los alumnos que entreguen un reporte con las mediciones realizadas, donde expliquen conceptos tales como radiación solar, constante solar, tipos de cocinas solares, se hace hincapié en que para conseguir la concentración de los rayos solares es necesario entender mejor las bases de la óptica geométrica, lo que nos ayudará a entender cómo se pueden redirigir los rayos solares al lugar deseado (en el caso de una cocina solar, el recipiente de cocción).

La reflexión y concentración de los rayos solares se logra utilizando, principalmente, tres tipos de geometría en los reflectores: parábolas, conos y reflectores planos.

Deshidratador solar

El deshidratador funciona al aprovechar los rayos del sol para calentar el aire que sube, secando las rebanadas de alimentos que se encuentran en charolas. El presente trabajo didáctico tiene como objetivo divulgar distintas técnicas para el aprovechamiento humano y forestal sustentable que sean apropiadas para las condiciones de las zonas rurales y marginadas de nuestro país que permitan mejorar la calidad de vida de sus habitantes, se muestra a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables, los conceptos básicos para deshidratar los alimentos utilizando el calor del sol, y de esta manera, conservarlos.

Metodología

El deshidratador solar de colector y armario puede extraer la humedad de frutas y verduras en un tiempo promedio de 2 horas dependiendo del porcentaje de agua presente en los alimentos a deshidratar. Este proceso ayuda a preservar los alimentos sin alterar sus propiedades nutritivas. Está constituido por dos elementos: el colector tipo caja fabricado en policarbonato transparente de doble capa y el armario de doble capa de aluminio las cuales están aisladas con placas de poliuretano. El armario cuenta con tres rejillas para colocar las frutas o verduras.



Figura 3 Deshidratador solar triatermico.

Funcionamiento

El deshidratador se coloca en el exterior orientando el colector hacia el sur para lograr una mayor captación de los rayos solares. Dentro del armario se depositan las frutas o verduras las cuales deben estar cortadas en rebanadas con un grosor aproximado de 0.05 m. En parte inferior del colector se encuentra la entrada de aire el cual aumentará su temperatura dentro del colector en consecuencia este ingresara al armario este aire caliente posee una baja humedad relativa el cual eleva la temperatura de los alimentos provocando la evaporación de agua. Para los días con niveles bajos de radiación solar, el deshidratador fue dotado de resistencias eléctricas, y de un boiler a base de gas que calienta agua y la hace circular por debajo de las charolas. El aire caliente y seco absorbe la humedad del armario y al mantenerse aun cálido sale del armario llevándose la humedad de los alimentos. El interior del armario puede alcanzar una temperatura de entre 50°C y 65°C.

Experimentación

Una hora antes de la práctica las frutas fueron lavadas, desinfectadas, peladas y cortadas utilizando cuchillos de acero inoxidable en rodajas, de 2 a 3 milímetros, cada una por separado recibió un pretratamiento a base de ácidos orgánicos, por espacio de 15 minutos se dejaron reposar en una solución al 2%, a la piña, mango, manzana y papaya se les retiró la cascara, mientras que la fresa fue cortada en rodajas.

Una vez terminado el secado y tras una eventual transformación adicional, los alimentos secos tienen que ser envasados inmediatamente. En coordinación con profesores de la carrera de Ingeniería Química, se desarrollaron los análisis bromatológicos de los productos deshidratados. Los resultados se muestran en la tabla 3.

Producto	Mango	Piña	Papaya	Manzana	Fresa
Contenido energético (Cal/g)	40	31.30	78.72	69.60	18.77
Proteína (g)	0	0	0	0	0
Grasa (g)	0	0.42	0.24	0.33	0.13
Hidratos de carbono (g)	10	6.87	19.14	16.65	4.40
Fibra cruda (g)	0.4	0.35	0.32	0.48	0.70
Humedad (%)	25.65	34.90	52.95	62.60	9.61
Ceniza (%)	33.75	29.54	18.47	36.00	13.0

Tabla 3 Análisis bromatológicos de productos deshidratados.

Los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Negocios de la UT San Juan del Río, realizaron una propuesta para etiquetar los productos deshidratados, con lo cual se trabaja en la posible comercialización de los mismo. La etiqueta se muestra en la siguiente figura.

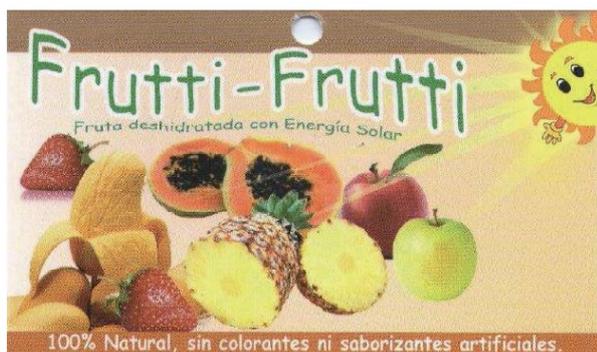


Figura 4 Etiqueta de los productos deshidratados

Análisis sensorial

Determinar por medio de un análisis sensorial con consumidores, la diferencia o similitud en el nivel de agrado de frutas deshidratadas por medio de un deshidratador solar, y compararlas con el nivel de agrado de frutas deshidratadas por medio de horno eléctrico de convección.

Materiales y métodos

Se evaluaron 5 diferentes tipos de frutas deshidratadas por medio de horno solar: mango, fresa, piña, papaya y manzana. Se utilizaron los mismos tipos de frutas deshidratadas por horno eléctrico de convección como referencia de tratamiento convencional.

La identidad de las frutas fue codificada por medio de números aleatorios de 3 dígitos. El análisis sensorial se realizó con 100 consumidores no entrenados, 39 mujeres y 61 hombres, de edades entre 18 a 64 años. Se utilizó una escala hedónica de 0 a 10, donde 0 significaba “no gusta”, 5 “gusta poco” y 10 “gusta mucho”. Se solicitó a los panelistas enjuagar su boca con un poco de agua entre cada fruta evaluada. Se utilizó la prueba de comparación T para 2 muestras, por medio del software Minitab para análisis estadístico. También se preguntó a los panelistas cuál de las muestras les gustaba más, en cada par de frutas, para evaluar la frecuencia de preferencia.

Muestra	Frecuencia de preferencia
Mango normal	73
Mango solar	24
Fresa normal	29
Fresa solar	62
Piña normal	32
Piña solar	57
Papaya normal	27
Papaya solar	43
Manzana normal	34
Manzana solar	62

Tabla 4 Preferencia de agrado sensorial de los consumidores para frutas deshidratadas. Normal = Deshidratación por medio de horno eléctrico de convección, Solar = Deshidratación por medio de deshidratador solar.

El tratamiento de deshidratación por medio de horno solar mejoró significativamente la aceptación sensorial de la fresa y la manzana, al comparar con las frutas tratadas de la manera convencional por medio de un horno eléctrico de convección.

No se encontró diferencia en la aceptación sensorial para piña y papaya tratadas con los dos métodos de deshidratación. El tratamiento de deshidratación por medio de deshidratador solar ocasionó una baja aceptación sensorial del producto. En general, se observó que el tratamiento de deshidratación por medio del deshidratador solar tiene mucho potencial para secar frutas, pero es necesario optimizar los parámetros para algunas frutas, como el mango, que pueden sufrir un decremento importante en la aceptación del consumidor.



Figura 5 Productos deshidratados empacados

Sistema fotovoltaico

El sistema de generación de energía eléctrica tipo isla aprovecha el excelente recurso de radiación solar con el que cuenta se cuenta en nuestro país. Este tipo de sistemas tienen el objetivo de lograr la sustentabilidad energética en los hogares al generar su propia energía convirtiéndose en productores independientes. Elementos de la instalación: casita solar (dimensiones: largo – 3 m. ancho – 2.20 m. altura – 2.50 m.), 2 módulos fotovoltaicos tipo poli cristalino de 130 W cada uno, banco de 2 baterías de ciclo profundo de 12 V a 115 A cada una, interruptor termomagnético de 30 A, controlador de carga de 20 A, 3 contactos dobles (Normalizados a 15 A y 746 W), 2 apagadores sencillos, 3 sockets, 2 lámparas led (Marca: Lights of America, modelo: 2326 led-41k, 120V - 60 Hz de 4 W a 80 mA), 1 lámpara incandescente de 10 W, 1 pantalla led HD (marca: SAMSUNG, modelo: 933 HD), 120-240 V, 34 W a 0.8 A y un par de bocinas de 21 W, 120 V A 175 mA.

Experimentación

Utilizando un medidor de armónicos Fluke® 41B, se midieron los parámetros eléctricos en terminales del inversor, la Fig. 6 muestra el voltaje generado por el sistema fotovoltaico, el cual es enviado a la casita solar, mediante un cable calibre 8 AWG, que pasa por la base del medidor y llega a un centro de carga QO2 marca Square D, donde se tienen instalados dos interruptores termomagnéticos de 30 Amp a 10 kA de capacidad interruptiva marca Square D, un interruptor controla el alumbrado y el otro los contactos existentes en la instalación.

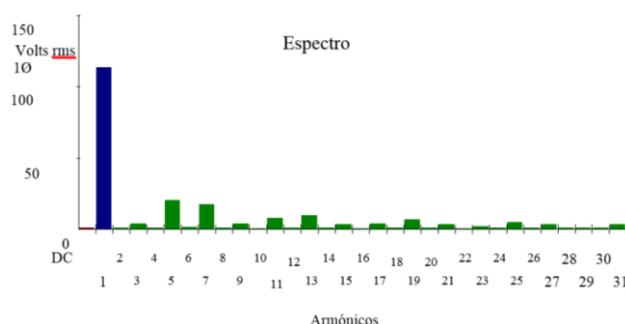
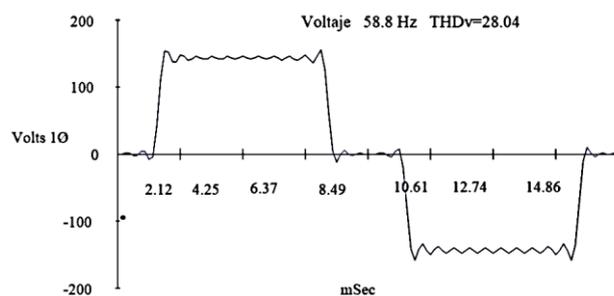


Figura 6 Forma de onda y espectro armónico del voltaje producido

Se realizó el monitoreo de parámetros eléctricos en distintos electrodomésticos utilizando el voltaje proporcionado por el sistema fotovoltaico operando en la modalidad tipo isla, las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos.

PANTALLA LED				
			Voltaje (V)	Corriente (A)
Frecuencia Hz	58.89	RMS	118.02	0.63
Potencia Watts	30	Pico	156.74	2.72
VA	35	DC Offset	-1.06	-0.03
Vars	38	Crest	1.33	4.29
W pico	412	THD Rms	27.25	69.67
Fase	28° lead	THD Fund	28.32	97.12
F.P. Total	0.71	HRMS	32.13	0.44
DPF	0.88	KFactor		**OL**

Tabla 5 Parámetros eléctricos medidos en terminales de la pantalla.

GRABADORA				
			Voltaje (V)	Corriente (A)
Frecuencia Hz	58.89	RMS	118.52	0.12
Potencia Watts	12.31	Pico	156.4	0.18
VA	14.41	DC Offset	-0.91	-0.01
Vars	1.07	Crest	1.32	1.45
W pico	28.17	THD Rms	27	53.11
Fase	8° lag	THD Fund	28.04	62.68
F.P. Total	0.82	HRMS	31.95	0.06
DPF	0.99	KFactor		**OL**

Tabla 6 Parámetros eléctricos medidos en terminales de las bocinas

FOCO AHORRADOR				
			Voltaje (V)	Corriente (A)
Frecuencia Hz	59.04	RMS	118.19	0.57
Potencia Watts	30.31	Peak	157.77	2.72
VA	67.41	DC Offset	1.08	-0.02
Vars	9.07	Crest	1.33	4.76
W pico	339.17	THD Rms	27.24	88.26
Fase	20° lead	THD Fund	28.31	187.72
F.P. Total	0.45	HRMS	32.16	0.47
DPF	0.94	KFactor		**OL**

Tabla 7 Parámetros eléctricos medidos en terminales de un foco ahorrador

BATIDORA				
			Voltaje (V)	Corriente (A)
Frecuencia Hz	58.89	RMS	118.2	0.45
Potencia Watts	53.19	Pico	156.5	0.58
VA	52	DC Offset	0.69	-0.02
Vars	3	Crest	1.32	1.29
W pico	91	THD Rms	27.05	21
Fase	4° lead	THD Fund	28.1	21.47
F.P. Total	0.97	HRMS	31.92	0.09
DPF	1	KFactor		3.33

Tabla 8 Parámetros eléctricos medidos en terminales de un foco ahorrador

Los electrodomésticos que utilizan resistencias eléctricas en su funcionamiento no se observan problemas, por otro lado electrodomésticos tales como: licuadora, batidora, taladro, televisor, foco ahorrador, grabadora, presentan una disminución en la potencia, el inversor está entregando una frecuencia por debajo de lo permitido por la especificación CFE-G0100-04 en todos los casos, el inversor es de onda senoidal modificada, el valor de la distorsión armónica total en voltaje THDv que se midió en terminales en la mayoría fue de 27%, este valor rebasa lo establecido en la especificación antes mencionada, la variación de voltaje está relacionada con las condiciones de radiación solar incidente sobre los módulos fotovoltaicos, los equipos que utilizan motores al ser alimentados con un bajo voltaje, estos demandan más corriente lo que se traduce en un sobrecalentamiento lo cual incide directamente en un envejecimiento acelerado de su aislamiento sólido. Está actividad complementa los temas desarrollados en la materia Calidad de la Energía que se imparte en el quinto cuatrimestre de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables en la UT San Juan del Río.

La solución al problema de los armónicos es eliminar los síntomas y no el origen, ya que los aparatos que crean los armónicos generalmente constituyen una pequeña parte de la carga y eliminar su uso no es posible, además de que modificar esos equipos para que no causen armónicos tampoco es factible. Lo que queda es reducir los síntomas incrementando la tolerancia del equipo y del sistema a los armónicos o modificar los circuitos y los sistemas para reducir su impacto, y atrapar o bloquear los armónicos con filtros. En casos de sobrecarga, daño de equipo o diseño inapropiado, estas causas que generan armónicos pueden ser corregidas, modificando o reemplazando dichos equipos.

Conclusiones

Se han mostrado los resultados al realizar sesiones prácticas con estudiantes de la carrera de Ingeniería en Energía Renovable, se ha utilizado la olla solar para la cocción de diversos alimentos, el uso del deshidratador solar ha pueto de manifiesto que se puede pasar de la práctica a la comercialización de productos deshidratados. La evaluación de la calidad de la energía en un sistema de producción de energía mediante paneles fotovoltaicos permite a los estudiantes conocer y comprender el proceso de producción de energía, la identificación de todos los componentes y el principio de funcionamiento de los mismos. Las materias que actualmente se imparten se evalúan en tres aspectos, saber, saber hacer y ser, en la parte del saber, el alumno debe identificar las características térmicas y propiedades de los diferentes tipos de dispositivos solares (colectores, hornos, estufas, secadores, deshidratadores, refrigeradores), mientras que para la parte del saber hacer, debe ser capaz de seleccionar el tipo de dispositivo para cada aplicación específica.

Con las actividades realizadas se da cumplimiento al objetivo de la unidad 1 de la materia energías renovables, que dice:

El alumno valorará la aplicación de diferentes sistemas de energía solar para eficientar el uso de recursos en un proceso buscando la sustentabilidad con base en los análisis de parámetros climatológicos y geoestadísticos de igual manera los contenidos temáticos abordados en la materia titulada Calidad de la energía se especifica que el alumno evaluará los efectos nocivos de las corrientes armónicas en los sistemas eléctricos mediante la utilización de estrategias de diagnóstico especializada, con base en las normas y estándares aplicables, para minimizar su impacto económico y contribuir a la rentabilidad de la organización.

Referencias

- Almanza, R., y López, S. (1995): Radiación solar en la República Mexicana mediante datos de insolación. Series del Instituto de Ingeniería 357, 1-23 (Universidad Nacional Autónoma de México).
- Almanza, R. (2003): Capítulo 1. Mapas de Irradiación Solar en la República Mexicana. En Ingeniería de la Energía Solar II, Almanza, R., Editor (Universidad Nacional Autónoma de México).
- Almanza, R., y López, S. (1978): Total solar radiation in Mexico using sunshine hours and meteorological data. Solar Energy 21, 441-448.
- Almanza, R., Estrada-Cajigal, V., y Barrientos, A. (1992): Actualización de los mapas de irradiación global solar en la República Mexicana. Series del Instituto de Ingeniería 543, 60-63 (Universidad Nacional Autónoma de México).
- Almanza, R., y Muñoz, F. (1994): Ingeniería de la Energía Solar. El Colegio Nacional México.
- Especificación CFE G0100-04 (2009). "Interconexión a la red eléctrica de baja tensión de sistemas fotovoltaicos con capacidad hasta de 30 kW".
- Especificación CFE L0000-45 (2005). "Perturbaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica"
- Iyo Horikoshi (2009). Análisis de las componentes armónicas de los inversores fotovoltaicos de conexión a red. Universidad Carlos III de Madrid, Escuela Politécnica Superior. Proyecto de Fin de Carrera.
- Kofalk, Harriet (1995), Solar Cooking, a primer/cookbook; Tennessee; Book Publishing Company; Summertown.
- Manual del equipo Fluke 41 B (2000).
- Marroquín, Ángel (2011). "Calidad de la energía en sistemas eléctricos industriales" Editorial Académica Española. ISBN: 978-3846560945.
- Marroquín, Angel (2013). "Notas del curso energía renovable" tercer cuatrimestre Universidad Tecnológica de San Juan del Río, Qro.
- Radabaugh, Joseph, Heaven's Flame, (1998). A Guide to Solar Cookers, Ashland Or, USA; Home Power,
- Std IEEE 519 (1992). "Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems"
- Tiwari, G.N. (2002) Solar Energy Fundamentals, Design, Modelling and Applications. Centre for Energy Studies. Indian Institute of Technology. Alpha Science International Ltd, New Delhi, India, 646pp.
- Tonda, Juan. (2003). El oro solar y otras fuentes de energía, La ciencia para todos FCE, Mexico., 152 pp.
- Vargas Medina Julio et. al. (2012) Deshidratadores solares, manual de operación y aprovechamiento para el autoconsumo. CIDEM, 72 pp.