

## Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico

MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo\*†, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette.

*Universidad Tecnológica de Huejotzingo, Camino Real a San Mateo S/N Santa Ana Xalmimilulco, Huejotzingo, Puebla, México. CP 74169, victormerimuth@gmail.com*

Recibido Abril 8, 2016; Aceptado Junio 3, 2016

### Resumen

El objetivo de este proyecto es la mejora del equipo de reventado de amaranto eléctrico para aumentar la eficiencia del proceso, utilizando energía renovable como fuente de suministro de electricidad. El reventador de amaranto que se diseñó en una etapa anterior y presentado en el congreso se CICA 2015 y publicado en la revista de aplicación científica y técnica, ha disminuido el tiempo de proceso y ha aumentado el volumen de producción, eliminando la contaminación del medio ambiente al no producir gases debido a que se ocupa un sistema eléctrico alimentado a través de la red de CFE para reventar el grano de amaranto. Se logró generar un equipo compacto, que se encuentre al alcance de los productores de amaranto y sus derivados, de la región de Huejotzingo, por lo que al desarrollar la siguiente etapa del proyecto se desea alimentarla con energía sustentable como es la energía solar. El diseño de este equipo eléctrico eliminará la utilización de la energía eléctrica a través de la red de comisión y utilizará energía sustentable, que permitirá un ahorro considerable.

**Reventador-eléctrico, amaranto, energía limpia, energía sustentable**

### Abstract

The objective of this project is to improve an electric equipment for exploding amaranth in order to increase process efficiency, using renewable energy as a source of electricity supply. The electric equipment for exploding amaranth was designed at an earlier stage and presented at the congress CICA 2015 and published in the journal of scientific and technical implementation has decreased processing time and increased production volume, eliminating environmental pollution by not producing gases because an electric system fed through the network of CFE to explode grain amaranth. The equipment was designed as a compact device to be available for producers of amaranth and its derivatives at Huejotzingo area, so to develop the next stage of the project requires to feed it with sustainable energy like solar energy. The design of this electrical equipment will eliminate the use of electric power through the CFE network and use sustainable energy, which will allow considerable savings.

**Electrical Exploder, Amaranth, Concurrent engineering, Clean Energy**

**Citación:** MERINO-MUÑOZ, Víctor Hugo, DE ITA-XIMIL, José David, HUERTA-LÓPEZ, Luis Alberto y FLORES-NAVA, Jeanette. Diseño del sistema de alimentación con energía solar para abastecer al equipo de reventado de grano de amaranto eléctrico. Revista de Prototipos Tecnológicos 2016, 2-4: 55-65

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: victormerimuth@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El principal objetivo del proyecto es el desarrollo del equipo de reventador de amaranto utilizando energía eléctrica sustentable, que aumente su eficiencia al producir el grano de amaranto reventado que es la materia prima utilizada en diversos productos como son cereales, granolas y la generación de dulces típicos de la región, los cuales son manufacturados y comercializados por los pequeños comerciantes de la región de Huejotzingo, Puebla. El reventador eléctrico genera un volumen de amaranto reventado de 38 a 42 kilogramos por hora, logrando con esto que no haya exposición de las personas que manufacturaban este producto en forma artesanal con los gases que se generaban debido a la combustión del gas natural y de leña, evitando enfermedades respiratorias, contaminación al medio ambiente y al mismo producto de grano de amaranto debido a que siempre se encontraba en contacto directo con los gases que se producían al desarrollarlo en forma tradicional.

El reventador de amaranto diseñado se realizó a las microempresas familiares que generan dulces típicos en la región de Huejotzingo ya que es su principal fuente de ingresos, se les proporcionó 2 equipos para que tabajen con ellos y evidencien resultados de uso de funcionamiento, los cuales son favorables, donde se pueden producir cerca de 38 a 42 kilogramos por hora la cual depende de la humedad del gramo, pero se ha logrado el objetivo de aumentar la producción al desarrollar el reventador de amaranto eléctrico y sobre todo que estos pequeños productores ya no están propensos a los gases contaminantes que a la larga les producía enfermedades respiratorias por la inhalación de los gases producidos por la combustión de la leña o del gas natural, y de la contaminación del producto al estar también expuestos por los gases que emanaban de la combustión.

El diseño cumplió con las características que se habían propuesto, al ser compacto, aumentar el volumen de producción, ser de bajo costo, no contaminar el medio ambiente y no exponer al usuario a enfermedades respiratorias ya que se produce el reventado del grano de amaranto a través de elementos utilizando energía eléctrica.

La siguiente etapa que se había planteado en el proyecto es desarrollarlo con una alimentación a través de energía eléctrica solar, la cual beneficiaría a los productores al generar bajo o nulo consumo de energía a través de las redes de comisión federal de electricidad, ya que el consumo mensual promedio es de \$290.00 MN.

En la etapa inicial de todo el proyecto del diseño de un equipo eléctrico para reventar grano de amaranto, se analizaron los diferentes tipos de procesos utilizados para reventarla, los tiempos de reventado de la semilla, el volumen de producción por hora en los diferentes procesos para producir el amaranto, el tipo de combustible empleado y los efectos secundarios que producían al usuario y al medio ambiente por los gases generados por la combustión de la quema de leña y gas natural, llegando a la conclusión de desarrollar el equipo eléctrico para reventar amaranto.

Las etapas siguientes del estudio correspondieron al diseño y construcción del prototipo, la prueba de funcionamiento y la medición de resultados.

Es necesario señalar que este proyecto se refiere únicamente a la continuidad de la etapa final que es la de ya no utilizar energía eléctrica proporcionada por Comisión Federal de Electricidad y utilizar energía sustentable como es la energía solar.

La **energía sustentable**, también conocida como energía renovable, utilizada en el desarrollo del proyecto se enfoca en disminuir el impacto negativo que tenemos los seres humanos sobre la naturaleza al obtener energía de fuentes contaminantes y agotables. Este tipo de energía, en contraste a la no renovable, se obtiene de fuentes naturales inagotables como el aire, el agua y el sol, entre otras.

### **Materiales y métodos**

El proyecto se realizó en la carrera de Procesos Industriales de la Universidad Tecnológica de Huejotzingo, dividido en las etapas principales referidas a continuación:

- a) Investigación del contexto (diversos tipos de energías sustentables para poder generar energía eléctrica para el reventador de amaranto eléctrico) y justificación del proyecto.
- b) Diseño y producción de sistema de energía sustentable para el reventador eléctrico de amaranto

### **Investigación del contexto y justificación del proyecto**

#### **Energía Sustentable en el reventador de amaranto como fuente de energía**

La energía sustentable permite aprovechar recursos renovables o inagotables tanto como se desee sin dañar a los ecosistemas o la atmósfera de la manera en que se estaba realizando. Además, tienen el potencial de cubrir nuestras necesidades energéticas en el presente y también en el futuro, a diferencia de las fuentes de energía no renovables que eventualmente se agotarán.

La energía sustentable, busca producir energía sin comprometer los recursos para las generaciones futuras y sin afectar a nuestro medio ambiente. También, uno de los principales beneficios es que se puede llevar a comunidades donde la red de distribución eléctrica no llega, haciendo accesible la electricidad para estas comunidades, ya sea utilizando de la energía solar u otra.

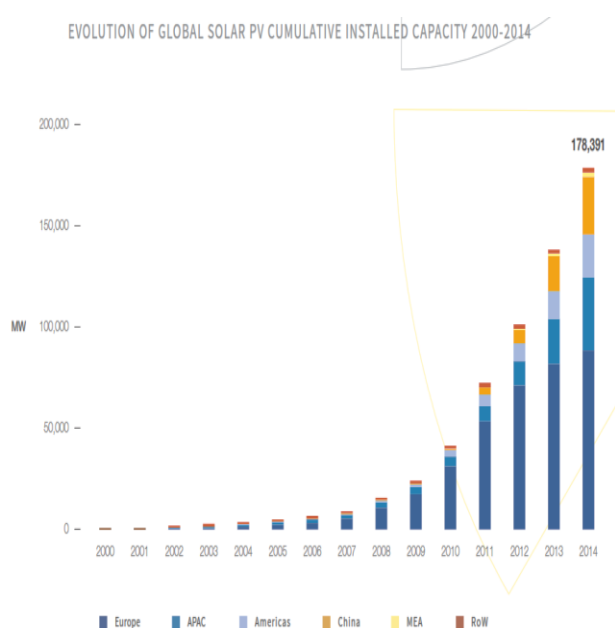
El crecimiento mundial de la energía fotovoltaica se ha incrementado exponencialmente desde hace una década y media. Durante este período de tiempo, la energía fotovoltaica (PV), también conocida como la energía solar fotovoltaica, ha pasado de ser una aplicación de baja escala, a convertirse en una fuente de energía eléctrica de gran uso.

En sus inicios, la energía solar fotovoltaica tuvo que recibir apoyos para facilitar su desarrollo, ya que al tratarse de una tecnología novedosa y todavía fuera de mercado energético, el precio al que generaba la electricidad estaba muy alejado del precio al que generaban las energías fósiles, la nuclear, la eólica o la hidráulica. Por este motivo, hace unos años su uso estaba exclusivamente aplicado a instalaciones experimentales o a plantas fuertemente subvencionadas, ya que era menos rentables este tipo de energía.

Sin embargo, gracias a esas ayudas económicas y a su carácter de energía limpia disponible en cualquier lugar del mundo, su coste se ha ido reduciendo hasta en un 75% en los últimos 10 años, de acuerdo al estudio (Global Market Outlook For Solar Power / 2015 – 2019, 2014).

En la actualidad el precio de los combustibles fósiles ha ido incrementándose, lo que nos lleva a pensar que conforme suba el costo de los hidrocarburos en un futuro próximo, serán todavía más las regiones en las que generar energía mediante paneles fotovoltaicos resulte ventajoso

La energía solar, muy particularmente a través de celdas fotovoltaicas, se ha convertido en una alternativa competitiva a partir de abaratamiento de los equipos de aprovechamiento, con una reducción de precio de más de 90% también en los últimos 30 años. Este abaratamiento se ha reflejado en un crecimiento en su uso con una capacidad instalada en América la cual ha crecido más de 100 veces en menos de 15 años como se ve en el gráfico 1.



**Gráfico 1** Evolución de la capacidad instalada de generación con solar fotovoltaica 2000-2014. [http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena\\_re\\_power\\_costs\\_2014\\_report.pdf](http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_re_power_costs_2014_report.pdf)

Dentro del contexto internacional, la Agencia Internacional de Energía (IEA) ha identificado que el sector energético contribuye con aproximadamente 82% de las emisiones de Gases de efecto Invernadero (GEI) en el mundo. En su mayoría, se derivan de la liberación de CO<sub>2</sub> durante la combustión, como resultado de la oxidación de carbono en los combustibles.

En México la producción de combustibles fósiles y su uso generan poco más del 65% del total de las emisiones de GEI y más de tres cuartas partes de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

México se localiza geográficamente entre los 14° y 33° de latitud, situación que resulta ideal para el aprovechamiento de la energía solar, colocando al país dentro de los primeros lugares en el mundo. La irradiación promedio cambia a lo largo de la República y depende también de la época del año, descendiendo ligeramente por debajo de 3 kWh/m<sup>2</sup> al día y pudiendo alcanzar valores superiores a 8.5 kWh/m<sup>2</sup> al día.

Es por ello que se debe dar más importancia a las energías alternas. La protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales son asuntos prioritarios para el país.

## Energía Solar

El sol es una fuente de energía limpia, inagotable y gratuita. Una de las energías alternativas más importantes y de la cual se pueden obtener grandes cantidades de energía, es la energía solar.

La energía solar, es la producida por la radiación procedente del sol y que es convertida a energía útil, ya sea para calentar, conocida como energía solar térmica o producir electricidad, conocida como energía solar fotovoltaica.

El aprovechamiento de la energía solar se realiza principalmente mediante la utilización de dos tipos de tecnologías:

Fotovoltaicas, que convierten la energía solar en energía eléctrica con celdas fotoeléctricas, hechas principalmente de silicio que reacciona con la luz.

Termosolares, que usan la energía del sol para el calentamiento de fluidos, mediante colectores solares, que alcanzan temperaturas de 40 a 100 °C (planos), o “concentradores” con los que se obtienen temperaturas de hasta 500 °C.

## Diseño y producción de reventador eléctrico de amaranto utilizando energía solar

### Propuesta de reventador eléctrico utilizando energía solar

Debido a las ventajas que presentó al desarrollar el diseño del reventador de amaranto utilizando energía eléctrica, se desarrolló la tercera etapa que fue la de alimentarla a través de energía eléctrica solar, utilizando una fuente de celdas fotovoltaicas, para que el sistema se volviera autónomo, sin depender de la energía eléctrica de alguna red eléctrica.

Utilizando la información técnica del diseño del reventador eléctrico que fue presentado en el congreso de CICA 2015 y publicado en la revista de aplicación científica y técnica, se utilizó resistencias eléctricas que anteriormente eran de 500 watts, los cuales se modificaron a 400 watts, alcanzando la misma temperatura de 280° C, se utilizó el mismo motor para alimentación de aire, de ¾ HP, 560 watts y 127 volts, el cual genera una velocidad de aire en la descarga de 8.60 m/s (1692.91 pies /min), con un caudal de 0.15197 m<sup>3</sup>/seg (322.0064 pies<sup>3</sup>/min).

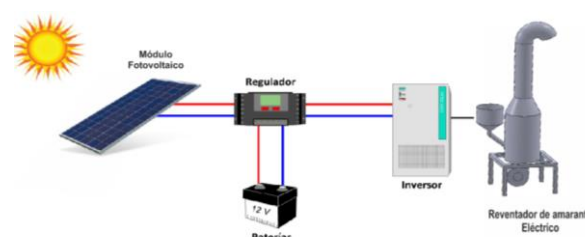
Los elementos eléctricos tienen un consumo de energía que debe ser considerado para determinar el wattage total que se utiliza para suministrarlo a los equipos, esto se muestra en la tabla 1.

Equipo	Cantidad	Consumo de energía	Watts Total
Motor Eléctrico	1	560 watts	560 W
Resistencias Eléctricas	2	400 watts cada uno	800 W
		Total	1360 W

**Tabla 1** Consumo total de energía de los equipos eléctricos en el reventador de amaranto eléctrico. Del Autor.

## Diseño del sistema de energía solar para alimentar el reventador de amaranto eléctrico

En este caso el proyecto está planteado para el diseño de un sistema autónomo que alimente el reventador de amaranto que en las etapas anteriores se había diseñado para trabajar con energía eléctrica, como se muestra en la figura 1.



**Figura 1** Sistema autónomo para alimentación de energía solar al reventador de amaranto eléctrico. Del autor 2016.

Para la aplicación del recurso solar en los sistemas fotovoltaicos, se ha tomado por convención otra unidad para especificar el recurso solar. En un día claro un captador horizontal puede recibir una irradiancia directa aproximada de 1000 W/m<sup>2</sup> al medio día solar. Por lo anterior, se le ha llamado irradiancia-pico, al valor de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Otra dato importante es la insolación global para Puebla, la cual se muestra en la tabla 2.

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Min	Max	Med
Agua Calientes, Ags.	4.5	5.2	5.9	6.6	7.2	6.3	6.1	5.9	5.7	5.1	4.8	4.0	4.0	7.2	5.6
La Paz, B. C. Sur	4.4	5.5	6.0	6.6	6.5	6.6	6.3	6.2	5.9	5.8	4.9	4.2	4.2	6.6	5.7
Mexicali, Baja California	4.1	4.4	5.0	5.6	6.6	7.3	7.0	6.1	6.1	5.5	4.5	3.9	3.9	7.3	5.5
Campeche,	4.8	5.7	6.0	5.3	5.4	4.9	4.9	5.3	5.2	5.4	5.0	4.3	4.4	6.0	5.2
Monterrey, NL.	3.2	3.6	4.1	4.3	4.8	5.5	6.1	5.6	5.0	3.8	3.3	3.0	3.0	6.1	4.4
Oaxaca, Oaxaca	4.9	5.7	5.8	5.5	6.0	5.4	5.9	5.6	5.0	4.9	4.8	4.4	4.4	6.0	5.3
Puebla, Puebla	4.9	5.5	6.2	6.4	6.1	5.7	5.8	5.8	5.2	5.0	4.7	4.4	4.4	6.4	5.5
Querétaro, Qro.	5.0	5.7	6.4	6.8	6.9	6.4	6.4	6.4	6.3	5.4	5.0	4.4	4.4	6.9	5.9

**Tabla 2** Insolación global media inclinación a latitud de México en kWh/m<sup>2</sup>-Día. Reportes de insolación de México. Southwest Technology Development Institute, NMSU.

Las horas en las que se puede aprovechar al máximo la energía proveniente del sol son llamadas horas-pico y se obtuvieron con los dos datos anteriores de la siguiente manera:

$$\text{Horas}_{\text{pico}} = \frac{\text{insolación Global Media}}{\text{Irradiación pico}}$$

$$h_p = \frac{5,500 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}\right)}{1,000 \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)}$$

$$h_p = 5.5 \text{ horas.}$$

Este dato nos proporciona que se puede aprovechar diariamente 5 horas y media de la energía solar.

### Cálculo del número de paneles

El tamaño de un sistema FV está dado por el Watt Pico (Wp). Esta es la salida máxima de un panel FV bajo condiciones estándar que son: temperatura ambiente de 25°C y 1000 Watt/m<sup>2</sup> de irradiación.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$A_r = 1200 \times E_d / I_d \quad (2)$$

Dónde:

**Ar:** Tamaño del panel (Wp)

**Ed:** Consumo de electricidad (kWh / día)

**Id :** Irradiación (kWh / m<sup>2</sup> / día)

La fórmula supone una eficiencia del sistema de aproximadamente 8% que se basa en la eficiencia del panel (10%) y la eficiencia de la batería (80%). Otro dato que se asume es la potencia proporcional de los paneles por metro cuadrado de 100 Wp.

Durante el mediodía, en días despejados, se puede esperar una irradiación de 1000 W/m<sup>2</sup>. En promedio los paneles FV están en aproximadamente 100 Wp por m<sup>2</sup> o, para decirlo de una manera diferente, los paneles solares tienen una eficiencia promedio del 10%.

En la fórmula 2, el factor para calcular el tamaño del sistema no es 1000 (que significaría una eficiencia del sistema de 10%) sino 1200 porque la eficiencia del sistema es siempre un poco más baja que la eficiencia del panel.

Para calcular Ed se deberá determinar el consumo de energía de todos los equipos utilizados mostrados en la tabla 3.

Equipo	Consumo de energía	No. de horas utilizados	Watts hora-día
Motor Eléctrico	560 watts	2	1120 Wh
Resistencias Eléctricas	800 watts cada uno	2	1600 Wh
		Total	2720 Wh-día

**Tabla 3** Consumo total de energía por día de los equipos eléctricos en el reventador de amaranto eléctrico. Del autor.

El valor 2720 Wh / día es equivalente a 2.720 kWh/día.

$$E_d = 2.720 \text{ kWh/día.}$$

Ahora para calcular el valor de Id se deberá saber el lugar donde se pretende establecer el equipo de reventador de amaranto el cual se encuentra en Huejotzingo Puebla, el cual tiene una Latitud de 19.172481 y una longitud -98.408382. Con estos valores y a través de la página **NASA meteorología de superficie y Energía Solar** la cual se encuentra en la siguiente dirección: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi/>. se podrá bajar datos de la radiación solar diaria - horizontales de esa zona como se ve en la tabla 4, la cual se deberá tomar el valor más bajo durante todo el año.

Dándonos un valor de  $I_d = 4.73$  kWh/m<sup>2</sup>/día.

NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data	
Latitude 19.172 / Longitude -98.488 was chosen.	
	Climate data location
Latitude	19.172
Longitude	-98.488
Elevation	1795
Heating design temperature	6.22
Cooling design temperature	25.52
Earth temperature amplitude	15.67
Frost days at site	0

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /day	kPa	m/s
January	12.4	68.4%	3.71	82.5	3.1
February	14.1	61.2%	5.30	82.4	3.3
March	16.7	52.1%	6.30	82.3	3.6
April	19.8	51.7%	6.21	82.3	3.5
May	19.7	58.9%	6.16	82.3	3.1
June	19.0	70.4%	5.64	82.3	2.9
July	18.3	69.2%	5.67	82.5	2.8
August	18.3	69.2%	5.37	82.5	2.6
September	17.6	74.8%	4.95	82.3	2.5
October	16.0	75.0%	4.94	82.4	2.7
November	14.3	73.6%	4.79	82.5	2.9
December	12.6	72.2%	4.40	82.5	3.0
Annual	16.5	66.2%	5.40	82.4	3.0
Measured at (m)					10.0

**Tabla 4** NASA Surface meteorology and Solar Energy. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?&email=&step=1&p=&lat=19.172481&submit=Submit&lon=-98.408382>. 2016

Sustituyendo en la Formula 2 se tiene:

$$A_r = 1200 \times E_d / I_d$$

$$A_r = \frac{(1200)(2.720 \text{ kWh/día})}{4.73 \text{ kWh/m}^2/\text{día}}$$

$$A_r = 690 \text{ W}_p$$

Esta es la energía necesaria que se requiere para alimentar el consumo diario. Por lo que deberán seleccionar el panel más adecuado para cubrir esta demanda.

El tamaño del panel será 690 Watts pico, como no existe un panel con tal generación de potencia, tenemos que seleccionar una determinada cantidad de paneles con potencias más bajas, que sumados en total obtengamos 690 Wp.

Para panel de 170 Wp tenemos:  $690/170 = 4$  módulos,

### Cálculo de las baterías

El tamaño de la batería solar de almacenamiento también depende de la importancia de la confiabilidad del suministro de potencia.

En muchos de los casos es suficiente un almacenamiento en baterías de 2 o 3 días. Esto significa que la **capacidad de la batería** debería ser de por lo menos 2 o 3 veces el consumo de energía diario para poder suplir durante 2 o 3 días sin brillo solar.

Pero esto es sólo suficiente cuando las baterías funcionan a un 100% de eficiencia y cuando las baterías pueden descargarse al 100%, el cual no es el caso ya que las baterías por lo regular tienen una eficiencia del 80% pero depende mucho del uso de la batería. Cuando se carga y se usa constantemente, la eficiencia será alta.

Cuando la batería sea poco utilizada la auto descarga provocará una baja eficiencia. Las baterías no pueden ser descargadas en más del 50% de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado.

Para determinar la cantidad de baterías necesitamos saber la capacidad total que se debe acumular en las baterías, para ello se requiere la cantidad de energía consumida por día, y el voltaje de las baterías a usar, la autonomía que debe tener el sistema sin que se pueda recargar por falta de sol, la eficiencia y la descarga que se requiere que tengan la batería, la cual se tomaron los siguientes datos:

$$E_d = \text{Consumo de electricidad} = 2720 \text{ Wh/día}$$

$$V_{\text{bat}} = \text{Voltaje de la batería} = 12 \text{ Volts}$$

$$E_{\text{bat}} = \text{Eficiencia de la batería} = 80\% = 0.8$$

$$D_{\text{bat}} = \text{Descarga de la batería} = 50\% = 0.5$$

$$A_{\text{ut}} = \text{Autonomía-días sin sol} = 1 \text{ días}$$

$$C_b = \text{Capacidad de batería}$$

A partir de estos datos y con la ecuación:

$$C_b = \frac{(A_{\text{ut}})(E_d)}{(E_{\text{bat}})(D_{\text{bat}})} \quad (3)$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$C_b = \frac{(1)(2.72 \text{ kWh/día})}{(0.8)(0.5)}$$

$$C_b = \frac{2.72}{0.4} = 6.8 \text{ kWh}$$

$C_b = 6.8 \text{ kWh}$  que equivalen a 6,800 Wh

El número de baterías necesarias se puede determinar con la siguiente formula:

$$N_{\text{bat}} = \frac{C_b}{(Ah)(V)} \quad (4)$$

Donde:

$N_{\text{bat}}$  = Número de baterías

$C_b$  = Capacidad de batería (Wh)

Ah= Amperaje Hora de la batería

V= Voltaje de la batería

Sustituyendo tenemos:

$$N_{\text{bat}} = \frac{6,800 \text{ Wh}}{(115Ah)(12V)} = \frac{6,800 \text{ Wh}}{(1380AhV)} = 4.9 \approx 5$$

Se requerirán 5 baterías de 115Ah de 12 V.

### Cálculo del regulador de control

El tamaño de la unidad de regulador de control está determinada por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control. Se puede determinar el máximo amperaje en los datos técnicos de la celda solar, la cual nos especifica que es una corriente máxima de 15 A para una celda fotovoltaica de 170 W como se muestra en la tabla 5.

Especificaciones físicas del panel 170W	
Célula Solar	Poly-cristalino
	156*156mm
L*W*H(mm)	1476x676x35
Núm./Células	4x9
Peso(Kg)	10.5
Corriente Máxima	15A
Cable	2V 4mm2
Longitud del cable	90cm±5

**Tabla 5** Especificaciones de los paneles de 170 W. <http://www.panelsolarmx.com/contenido/productos.html> #

El controlador que deberá seleccionarse debe soportar la máxima corriente que pasa por los cables, por lo que se tiene que la capacidad del regulador de control se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Cap. Reg.} = (A \text{ max}) (\text{No. de paneles}) \quad (5)$$

$$\text{Cap. Reg} = (15 \text{ A}) (5)$$

$$\text{Cap. Reg} = 75 \text{ A}$$

Por lo que se buscará un Regulador comercial de 80 A 12/24V

### Inversor solar

Cuando se necesita utilizar equipos que se alimentan con energía alterna (220 o 110 AC) como es nuestro caso, se deberá utilizar un inversor. El inversor que se ocupara será uno de 12 V CD a 110V CA aislado 5kW.



## Resultados

1. De la Investigación del contexto (Utilizando el reventador de amaranto eléctrico aprovechando la energía solar para procesos actualmente utilizados y producción de amaranto en Puebla, región Huejotzingo). Los resultados generados fueron relevantes, ya que nos permiten determinar que el uso de la energía solar minimiza en un 90 % el costo de consumo de dicha energía eléctrica que era tomada a través de las redes. Se determinó que utilizar la energía fotovoltaica para producir amaranto beneficia al medio ambiente, sin que contamine el grano de amaranto reventado, Se observó que se mantenía la misma producción de amaranto que son de 38 Kg / h, siendo que éstos pequeños productores generan aproximadamente 180 kg a la semana para poder manufacturar sus dulce de amaranto, ahora con la aplicación de energías sustentables como lo es la generación de energía solar.

Con esto podemos estar seguros que ya algunos fabricantes ya no generarán el reventado de amaranto a través de los métodos tradicionales que en su momento perjudicaban a la salud de estas personas al estar inhalando gases que se desprendían de la combustión ya sea de la leña o de gas natural, así como se evitó la contaminación del producto del grano de amaranto al estar en contacto con los gases. La tabla 6 muestra una comparación de los procesos actuales y el proceso propuesto utilizando energía solar.

Las ventajas en el uso del equipo de reventador de amaranto eléctrico con uso de energía solar, son principalmente la eliminación de emisiones de gases contaminantes al medio ambiente y la no exposición a CO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> tanto del producto como de las personas que trabajan con este proceso, cero consumo de energía eléctrica de la red, cero costos por pago de energía eléctrica.

Tipo	Combustible	Prod. / hr.	Características
Artesanal	Leña o gas natural	5 – 6 kg	Emisión de CO <sub>2</sub> Contaminación del amaranto por CO <sub>2</sub> Afectación a sistema respiratorio del quien procesa este producto Fala de árboles.
Semi-industrial	Gas natural	35 – 40 kg.	Emisión de gases nocivos al medio ambiente (CO <sub>2</sub> , y el NO <sub>2</sub> ) Incremento mensual del costo del gas.
Reventador eléctrico	Energía eléctrica	35 – 40 kg. Con posibilidad de incremento	Costo de la energía eléctrica
Reventador eléctrico Uso de energía Solar	Energía eléctrica sustentable Energía eléctrica solar	38 a 42 kg. Con posibilidad de incremento	Se elimina el costo de la energía eléctrica

**Tabla 6** Comparativos de procesos de reventado de amaranto, Investigación de la región de Huejotzingo.

El prototipo de reventador de amaranto eléctrico que se encuentra actualmente, duplicará el volumen de producción del equipo anterior ya que el cálculo y el diseño se realizó a dos horas de trabajo, ya que anteriormente solo trabajaba una hora produciendo 38 kg de reventado del grano de amaranto, hoy está produciendo casi 60 kg de amaranto con 1 hora y media de trabajo con costos de energía eléctrica nulos como se puede observar en la tabla 7

Equipo	Tiempo de trabajo en horas	Producción	Costo de energía eléctrica mensual
Reventador de amaranto utilizando energía eléctrica de red de CFE.		38 kg	\$290.00 promedio
Reventador de amaranto utilizando energía eléctrica solar	1.5	60 kg	\$0.00 Se plantea apoyo por parte de los municipios, y el estado para solventar gastos del sistema fotovoltaico.

**Tabla 7** Comparativos de costos de pago de energía eléctrica. Investigación de la región de Huejotzingo.

El prototipo de reventador de amaranto eléctrico que se encuentra actualmente, duplicará el volumen de producción del equipo anterior ya que el cálculo y el diseño se realizó a dos horas de trabajo, ya que anteriormente solo trabajaba una hora produciendo 38 kg de reventado del grano de amaranto, hoy está produciendo casi 60 kg de amaranto con 1 hora y media de trabajo con costos de energía eléctrica nulos como se puede observar en la tabla 7

2. Durante el proceso de diseño y producción de sistema fotovoltaico para abastecer el reventador de amaranto eléctrico. Se generaron datos que fueron relevantes para tener parámetros en el diseño del sistema de alimentación con energía solar mostrados en las tablas 8 y 9.

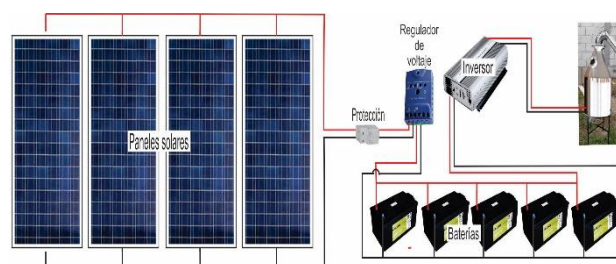
Equipo en el reventador de amaranto	Watts hora-día	Consumo total Watts hora-día
Motor Eléctrico	1120 Wh	2720 Wh-día
Resistencias Eléctricas	1600 Wh	

**Tabla 8** Consumo total de consumo de energía. Del autor.

Equipo en el reventador de amaranto	Watts hora-día
Tamaño del panel	690 Wp
Número de paneles	4 módulos
Capacidad de batería	5.8 kWh que equivalen a 5,800 Wh
Número de baterías	5 baterías de 115Ah de 12 V.

**Tabla 9** Características de equipo. Del autor.

Con los datos anteriores se realizó el circuito requerido para poder alimentar el equipo de reventador de amaranto eléctrico, este circuito se muestra en la figura 2.



**Figura 2** Diagrama de componentes del circuito fotovoltaico para alimentar el reventador de amaranto. Del autor

### Agradecimiento

Los autores de este proyecto agradecen a la Universidad Tecnológica de Huejotzingo por el respaldo y confianza durante el desarrollo de este trabajo; especialmente el agradecimiento al grupo de elaboradores de dulce típicos y productores de amaranto de la zona de Huejotzingo, Puebla, y a los municipios que apoyarán para aporta recursos para generar los sistemas de energía solar fotovoltaicos.

### Conclusiones

Con el desarrollo de este equipo alimentado con energía renovable, permitirá apoyar a los productores de dulces de amaranto y sus derivados, logrando con esto eliminar el consumo de energía eléctrica de red, minimizando costos a largo plazo.

Por otra parte dejaron de producir amaranto contaminado por el contacto directo de los gases de la combustión de la leña o gas, ya que ahora se realiza el proceso con energía eléctrica sustentable, y gracias a los municipios que quiere apoyar este sector en la región de Huejotzingo, se realizaran programas para que vayan adquiriendo el equipo de reventado de amaranto eléctrico con energía fotovoltaica.

Es necesario que las Instituciones de Educación Superior y los grupos de investigadores que en éstas se desempeñen, dirijan parte de sus esfuerzos en lo que a transferencia tecnológica e investigación aplicada refiere, a los sectores económicos y sociales más vulnerables en sus respectivas zonas de influencia.

En el caso particular de las Universidades Tecnológicas, el generar tecnología que ayude al desarrollo económico de la región de donde están establecidas dichas instituciones, permitirá mejores posibilidades de vida para la gente tanto económicas, como sociales y de salud, apoyando significativamente al desarrollo de la sociedad Mexicana.

### **Referencias**

Amarantum, Asociación Mexicana del Amaranto. 2013. Preguntas frecuentes. <http://www.amaranto.com.mx/>.

### **“Solar Industry Reports 2015”(PDF)**

<http://resources.solarbusinesshub.com/solar-industry-reports/item/global-market-outlook-for-solar-power-2015-2019>.

"Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018" (PDF).

<http://www.epia.org>. EPIA – European Photovoltaic Industry Association. Archived from the original on 12 June 2014. Retrieved 12 June 2014. External link in |website= (help)