

Diseño e instrumentación de un sistema portátil de concentración de energía solar

Carlos Eduardo Bello Sánchez*, Lizbeth Angélica Castañeda Escobar

Ingeniería en mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Xalapa, Xalapa, Veracruz, México. Sección 5a reserva territorial s/n col. Santa Bárbara 91096 Xalapa-Enríquez, Ver.

* Autor de correspondencia: eduardo.bellsan@gmail.com

Energías Renovables. (Energía solar).

Palabras clave: Energía solar, concentradores, cocina solar, instrumentación.

Introducción. La energía se manifiesta en cualquier ámbito de la materia, en diferentes tipos de escalas ya sea que lo podamos percibir por el ojo humano o no. La primera ley de la termodinámica asegura que la energía no tiene una creación ni una destrucción, sino más bien sufre un cambio de transformación que permite aprovecharla. Debido a que la energía solar es considerada “renovable” más bien es una fuente constante que podemos aprovechar para la resolución de problemáticas, en este caso la implementación de captación de radiación solar y posterior transformación en energía térmica permitirá su aprovechamiento para el aumento de temperatura del sistema.

En este trabajo buscamos aplicar la ingeniería Mecatrónica para el diseño y construcción de un sistema de concentración solar que permita obtener un aumento de temperatura tal que el proceso de cocción y calentamiento de alimentos sea eficiente, y que a su vez el diseño del sistema pueda ser transportable de una manera fácil y practica para su utilización en cualquier medio. Tomando como iniciativa el diseño y construcción de un mecanismo de portabilidad para el sistema de concentración solar, las aportaciones de dicho proyecto son teórico/prácticas, ya que a lo largo del desarrollo se realiza una descripción del proceso de diseño, comprobación matemática y construcción del prototipo para su funcionamiento.

Materiales y Métodos. Para iniciar con el proceso del diseño de la parábola se toman en cuenta varios conceptos tales como la reflexión de espejos cóncavos de donde se puede recopilar los conceptos que ayudan a comprender mejor este fenómeno, según malacara (2015) “representa la dirección en la que se propaga la energía de una onda de luz”. Un sistema de espejos re direccionará los rayos de luz que emite el sol desde una posición al infinito y los concentrara en un punto común llamado punto focal.

Para realizar el cálculo de la curvatura de la parábola es necesario tomar en cuenta que la reflexión es el cambio de dirección de una onda que, al entrar en contacto con la superficie de separación, entre dos medios cambiantes regresa a través del medio donde se originó. La primera ley de la reflexión dice que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie reflectora están en un plano común.

La segunda ley dice que la magnitud del ángulo de reflexión es igual a la magnitud del ángulo de incidencia. Consideremos la Figura 1, donde un rayo de luz parte del punto P1 (0, y1) y llega al punto P2 (x2, y2) después de reflejarse en un espejo plano sobre el punto P (x, 0).

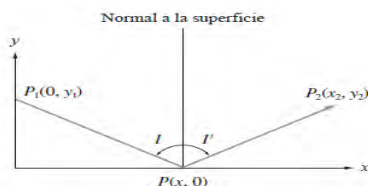


Figura 1. Diagrama que ilustra la ley de reflexión.

Donde podemos observar que:

$$\text{sen } I = -\text{sen } I' \quad (1)$$

Y, por lo tanto, $I = -I'$, que es la segunda ley de la reflexión.

Para la siguiente etapa se realiza un cálculo preliminar del tamaño del concentrador y realizando un cálculo analítico para el diámetro de la parábola, podemos simular una vista preliminar en un programa de simulación, el cual nos arroja una mirada dinámica a la parábola para su posterior generación de cálculos y simulación física, lo cual podemos observar en la Figura 2.

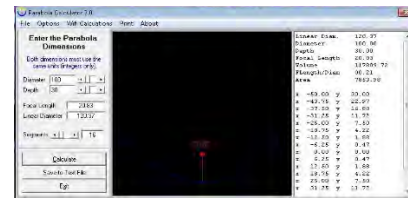


Figura 2. cálculo preliminar de parábola reflectora.

Para el diseño mecánico del concentrador empleamos la herramienta digital “SolidWorks” como simulador mecánico el cual en la Figura 3 se presenta una de las divisiones del concentrador, posterior a este proceso se realiza un ensamblaje para obtener el diseño deseado que se presenta en la Figura 4.

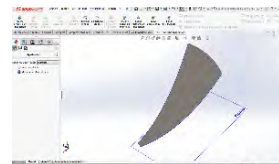


Figura 3. división laminada del concentrador.

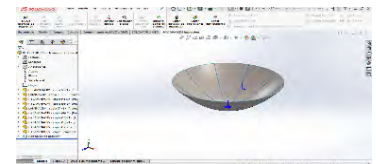


Figura 4. concentrador laminado ensamblado.

Para la construcción de este prototipo se evalúan los diferentes tipos de materiales reflejantes pulidos, tales como el aluminio, acero inoxidable y lámina galvanizada, comparando las características físicas y de mantenimiento de estos tres materiales se infiere que el acero inoxidable es el mejor para la construcción del prototipo debido a que la mayoría de los metales se oxidan, por ejemplo, el aluminio se volverá blanco, el galvanizado se volverá verde, en su caso las aleaciones de cromo que contiene el acero inoxidable permiten que no se oxide ni cambie su color, manteniéndolo en las condiciones normales y su capacidad reflectora le permite captar los rayos solares con eficiencia además de las propiedades térmicas que se obtienen del acero que mantienen una temperatura constante para su utilización.

Razón de concentración solar. Una de las mejores maneras de conocer cuáles son los rangos de temperatura a los que opera un concentrador solar es a través de la razón de concentración, C. La podemos definir como la relación entre el área efectiva de apertura A_a , y el área del receptor A_r . El área efectiva de apertura se refiere al área proyectada no sombreada del sistema óptico. Así,

$$C = \frac{A_a}{A_r} \quad (2)$$

Esta razón tiene un límite que depende de si la concentración se hace en un concentrador circular o en un concentrador cilíndrico

parabólico. Así mediante un análisis termodinámico, se puede obtener el valor máximo de la concentración solar para la superficie semiesférica representada por;

$$C_{max,l} = \left(\frac{A_a}{A_r}\right) = \frac{1}{\text{sen } \theta_s} \quad (3)$$

Donde θ_s es la mitad del ángulo subtendido por el sol y es igual a 0.27° . Entonces para un concentrador circular, la razón máxima de concentración posible es de 45,000 mientras que para un concentrador lineal es de 212. Entre más alta la temperatura a la cual la energía necesita ser liberada, más alta debe ser la razón de concentración.

Resultados. Para este apartado comenzaremos el cálculo del material para el concentrador; debido a que el diseño realizado en "SolidWorks" nos arroja automáticamente los datos de la cantidad de material que se debe utilizar, es simple; como solo se calcula el área de la superficie nos arroja el resultado el cual es 107.6 cm al cuadrado, en la Figura 5 se muestra el cálculo y corte de lámina en condiciones reales.



Figura 5. Corte de lámina de acero inoxidable



Figura 6. problemáticas durante el moldeado

Dejando de lado el proceso de moldeado, el corte y ensamblaje del concentrador lleva muchos riesgos debido a los cortes irregulares y que el ensamble no produce la forma original del concentrador, la Figura 6 muestra la problemática y deformación primaria en el concentrador para ello se implementa la construcción y adecuación en su base, así se construye una base cónica para el reposo del sistema y obtener la figura cónica del concentrador original, la justificación de la manera de construir el concentrador es que debido a que se necesita una doble curvatura en las hojas del concentrador el proceso de forja mediante repulsado de torno es el único que proporciona la doble curvatura en cada una de las hojas, ya que se realiza en una sola pieza, y posteriormente se efectúa el corte.



Figura 7. desfasamiento en hojas del concentrador.

Ahora, comenzaremos a aplicar el método de determinación para los datos de la zona Xalapa, donde los datos principales son la latitud y longitud de la ciudad y alrededores, cabe destacar que los cálculos obtenidos y desarrollados son demostrativos y aplicables a cualquier región.

Para iniciar definimos la problemática que es calcular el ángulo del captador solar y los datos para un día específico; digamos el 4 de julio para 2021 tenemos que es el día 185 del año y los datos de latitud y longitud de la ciudad de Xalapa son $(19^\circ, 32'')$, sustituimos estos valores en las fórmulas de declinación y se obtiene;

$$\delta = 23.45 \sin \left[360 \left(\frac{284 + 185}{365} \right) \right] \quad (4)$$

El resultado de esta operación nos arroja que el ángulo δ es de 22.88° de esta manera podemos calcular otros parámetros, tal como el ángulo del horario solar, para esto solo debemos definir una hora en la cual estaríamos trabajando con nuestro colector solar; utilizamos como valor las 13 horas, en el cual es un medio día solar en la ciudad de Xalapa y de esta manera obtenemos que ω es igual a 15° este dato es importante para determinar el ángulo de incidencia sobre el colector y sustituyendo los valores sobre la ecuación tenemos que;

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sin 22.88^\circ (-\sin 19^\circ \cos 40^\circ - \cos 19^\circ \sin 40^\circ \cos 14^\circ) \\ &+ \cos 22.88^\circ \cos 15^\circ (\cos 19^\circ \cos 40^\circ \\ &+ \sin 19^\circ \sin 40^\circ \cos 14^\circ) \\ &+ \cos 22.88^\circ (\sin 40^\circ \sin 14^\circ \sin 15^\circ) \end{aligned} \quad (5)$$

Por lo tanto, el ángulo solar es de $43, 29^\circ$.

Aunque parece que los cálculos son básicos, el desarrollo y la incorporación geográfica para el desarrollo es de suma importancia por la complejidad de captación solar que debe tener nuestro colector, debido a que en nuestro diseño es cóncavo semiesférico los datos se adaptan a este sistema.

La Figura 8 demuestra que el sistema es capaz de obtener la inclinación adecuada y, una alta y rápida elevación de temperatura, con esto la reacción de combustión se realiza en aproximadamente 25 segundos después de la apertura del mecanismo.



Figura 8. producción de fuego por incidencia.

Conclusiones. Se pudo diseñar óptica y mecánicamente un sistema de concentración solar eficiente y plegable. Construido con acero inoxidable el cual es limpio y con las propiedades térmicas adecuadas para la implementación del sistema.

En las Figuras 9 y 10, podemos observar la construcción final del concentrador después de las últimas modificaciones mecánicas, la apariencia del sistema fue mejorado debido al corte del concentrador y su posterior ensamblaje. Se obtuvo una alta eficiencia en la captación y concentración de los rayos solares, en la Figura 10, se aprecia el nivel del brillo especular que produce la reflexión del sol sobre la superficie.



Figura 9. concentrador sin recortes



Figura 10. sistema recortado ensamblado y pulido.

La siguiente etapa de la construcción es la automatización del sistema de movimiento y despliegue. El diseño ya está realizado, en la actualidad nos encontramos en la etapa de prueba. Aunque falta camino por recorrer en comparación de los sistemas de captación solar que hay en la actualidad combinados con un sistema de portabilidad, no han sido implementados en la última década, el

avance obtenido sobre el mecanismo y con los datos de incidencia solar, son más que favorables para el desarrollo de este proyecto.

Bibliografía.

- Morales, FTRE (2006). Energías Renovables para el Desarrollo Sustentable en México. Dr. Juan Cristóbal Mata Sandoval (SENER) Dr. Bernhard Bösl (GTZ).
- Navarro Linares, J. F. (2007). Métodos de Matemática Aplicada. Universidad de Alicante, Servicio de Publicaciones.
- Francisco Torres Roldán & Emmanuel Gómez Morales (2006) (Energías Renovables para el desarrollo sustentable en México). Secretaría de Energía (SENER). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- Hernández Y. (2012) "Diseño de un concentrador solar de geometría paraboidal portátil", Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México.
- Miriam Mendoza Ramírez (1995). Notas Energía Solar. Departamento de Procesos tecnológicos e industriales. UTESCO.
- Malacara D. (2015) Óptica básica, Ciudad de México, México, editorial: fondo de cultura económica.
- Pedro Rufes Martínez (2010). Energía solar térmica. Marcombo S.A Barcelona.