

Propuesta de Diseño de un Seguidor Solar de Dos y Tres Ejes.

N. Alvarado Tovar¹, E. Vaquera González¹, D. A. Román Landeros¹

Resumen— Este trabajo presenta la propuesta de diseño de un seguidor solar a instalarse en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo. La propuesta presente en este trabajo abarcará el diseño mecánico, el sistema de control electrónico y sistema de sensores que permitirán una mejor captación de energía irradiada por el sol su máximo almacenamiento en un banco de baterías para su correspondiente empleo dentro del instituto.

Palabras claves— seguidor solar, celdas fotovoltaicas, irradiación, energías renovables, motores, sensores.

Abstract— This paper presents a proposal for designing a solar tracker to be installed in the Superior Technological Institute of Lerdo. The proposal in this paper will cover the mechanical design, electronic control system and sensor system that will better capture energy radiated by the sun and its maximum storage in a battery bank for the corresponding employment within the institute.

Keywords— solar tracker, solar cells, irradiation, renewable energies, motors, sensors.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las principales áreas de oportunidad es la búsqueda de acciones que permitan que la actividad del hombre tenga un menor efecto negativo al ambiente, siendo el uso energías renovables una de estas acciones. Las energías renovables, que se definen como formas de energía que tienen una fuente prácticamente inagotable con respecto al tiempo de vida de un ser humano en el planeta, y cuyo aprovechamiento es técnicamente viable. Dentro de estos tipos de energía se encuentran: la solar, la eólica (viento), la minihidráulica (ríos y pequeñas caídas de agua), la biomasa (materia orgánica), la geotermia (calor de las capas internas de la Tierra) y la oceánica, principalmente [1]. México es un país que cuenta con regiones cuyos niveles de radiación solar (con un promedio anual de 5.3 kWh/m² por día) permitiría la generación de electricidad por medio de

sistemas fotovoltaicos, donde la comarca lagunera es una región donde se puede usar la radiación solar para generar electricidad, la figura 1 muestra el mapa de radiación solar de México [2], [3].

Los sistemas fotovoltaicos permiten la generación de electricidad a partir de la radiación solar, donde uno de los principales objetivos es que se tenga una mayor captación de energía solar durante la mayor parte del día.

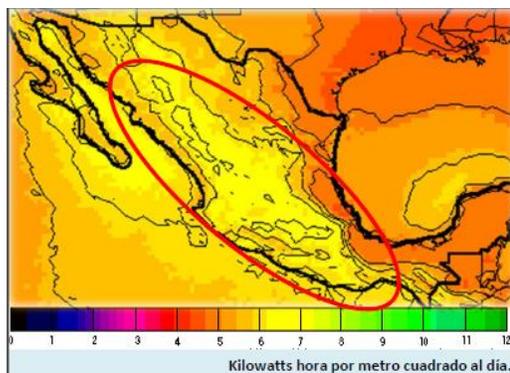


Figura 1. Mapa de irradiación solar de México.

Los seguidores solares son dispositivos empleados en los sistemas fotovoltaicos, los cuales se pueden encontrar seguidores estáticos, seguidores de un solo eje y de dos ejes [3].

Los sistemas fotovoltaicos permiten la generación de electricidad a partir de la radiación solar, donde uno de los principales objetivos es que se tenga una mayor captación de energía solar durante la mayor parte del día. Los seguidores solares son dispositivos empleados en los sistemas fotovoltaicos, los cuales se pueden encontrar seguidores estáticos, seguidores de un solo eje y de dos ejes [3].

Se han desarrollado varios seguidores solares no estáticos con uno y dos ejes para distintas aplicaciones que involucren la generación de energía eléctrica a partir del sol, como por ejemplo para la alimentación de energía a procesos electroquímicos por medio de un seguidor solar que consta de un solo eje con un actuador lineal con transmisión de tornillo sin fin [4]; seguidores solares con un eje [5] y dos ejes [6] [7] que emplean motores de CD para fines de enseñanza, aprendizaje y/o actividades de investigación. Además de la generación de energía eléctrica, los seguidores también son empleados para generar calor, tal como un concentrador solar parabólico de un solo eje empleado para calentar agua de una alberca [8], y como horno solar [9].

¹Noé Alvarado Tovar (nalvarado@itslerdo.edu.mx).

¹Efraín Vaquera González (vaquera_efrain@hotmail.com).

¹Diego Alberto Román Landeros (droman.mago@gmail.com).

El objetivo primordial de este trabajo es el desarrollo de una propuesta de diseño de seguidor solar de dos o tres ejes que permitan generar energía eléctrica a partir de la radiación solar incidente en celdas fotovoltaicas instaladas en un seguidor solar estático instalado dentro del ITSL. De esta manera se podrá generar electricidad usando una energía renovable y después ser empleada en el mismo instituto.

El presente trabajo está organizado de la siguiente manera. La sección II plantea la problemática a resolver. Los tipos de seguidores solares que se describen en la Sección III. La Sección IV describe los diseños mecánicos propuestas para. El sistema de control electrónico que se propone se describe en la sección V, mientras los sistemas de sensores que se proponen se muestran en la Sección VI. Las conclusiones se describen en la Sección VII.

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El empleo de recursos no renovables para la generación de energía ha contribuido de manera significativa al deterioro del medio ambiente no solo en México si no a nivel global, y al agotamiento de estos recursos como fuente de energía. Esto conlleva a buscar nuevas alternativas de generación de energía eléctrica para satisfacer las diferentes necesidades tanto industriales como domésticas. Asimismo, cada tonelada de dióxido de carbono que deja de lanzarse al aire a través de fuentes convencionales a la atmósfera, compensa cada peso invertido en proyectos de energía renovable. Por lo que se podría decir que de seguir utilizando fuentes no renovables de energía como en la actualidad, además del incremento en su consumo compromete la integridad de las futuras generaciones.

En los últimos años se han desarrollado soluciones para atender los problemas del uso racional de la energía e incrementar la utilización de las energías renovables. Siendo en la actualidad, el aprovechamiento de la energía solar uno de las alternativas de energías renovables para la generación de energía eléctrica. Con el objetivo de mejorar la eficiencia y aprovechar al máximo la energía solar, se requieren nuevas tecnologías para poder llevarlo a cabo. Por lo que el diseño de seguidores solares adecuados permitirá lograr un máximo rendimiento en la captación de la energía solar para la generación de energía eléctrica.

III TIPOS DE SEGUIDORES SOLARES

A. Seguidor Solar

Un seguidor solar es un dispositivo conformado básicamente por una parte fija y una móvil, cuya finalidad es el aumento de la captación de radiación solar, para lo cual cuenta con una superficie de captación que debe

permanecer perpendicular a los rayos del sol durante el día y dentro de su rango de movimiento.

Los seguidores solares pueden ser clasificados según el tipo de movimiento que realicen y según el algoritmo de seguimiento.

B. Seguidor solar según el tipo de movimiento.

Seguidor de un solo eje. La rotación de la superficie de captación se hace sobre un solo eje, este puede ser horizontal, vertical u oblicuo. Este tipo de seguimiento representa un mínimo grado de complejidad y su costo es menor en comparación con otros tipos de seguidores. La limitación de este tipo de seguidor consiste en que no puede realizar un seguimiento completo del sol ya que solo puede seguir ya sea la azimut o la inclinación solar, pero no ambas.

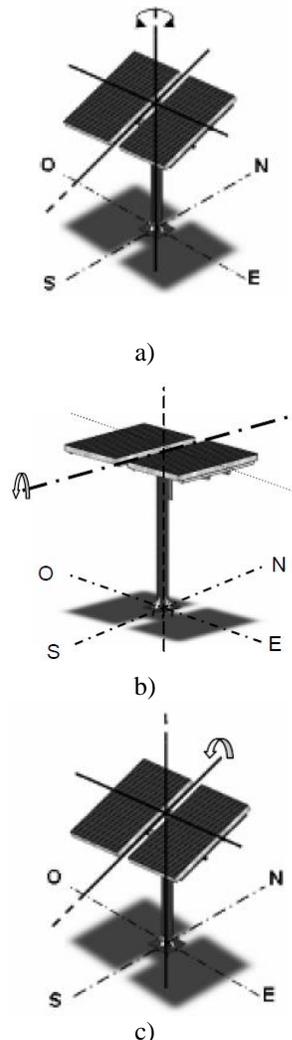


Figura 2. Seguidores solares de un eje: a) acimutal, b) horizontal, c) polar [5].

Seguidor de dos ejes. Este tipo de seguidor cuenta con dos grados de libertad y está en capacidad de realizar un

seguimiento total del sol, tanto en inclinación como en azimut, aunque el rendimiento de la instalación puede ser superior en comparación con los de un solo eje, es importante mencionar que el de dos ejes resulta ser más costoso.

C. Seguidor solar según el tipo de algoritmo de seguimiento

Según la luminosidad. El algoritmo de este tipo de seguidor basa su funcionamiento en la señal entregada por uno o varios sensores, dependiendo de dicha señal se envía un

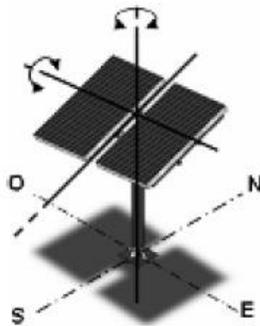


Figura 3. Seguidores solares de dos ejes [5].

comando de control a uno o varios motores para que se posicionen en el punto más adecuado de luminosidad. Este tipo de seguimiento resulta ser de fácil implementación.

Con programación astronómica. Este tipo de seguidor presenta una total independencia de las condiciones climáticas ya que su algoritmo no requiere de sensores que indiquen cual es el punto más luminoso. El seguimiento en este caso depende únicamente de una serie de ecuaciones que predicen la ubicación del sol en cualquier momento. Aunque este tipo de seguidor resulta ser de gran precisión cabe mencionar que la implementación del algoritmo representa un alto grado de complejidad

IV SISTEMA MECÁNICO PROPUESTO.

En esta sección se presentan las dos propuestas de diseño mecánico del seguidor solar que permitirá usar la energía solar para generar energía eléctrica y emplear en el ITSL.

A. Primer Propuesta

La propuesta para este seguidor solar es que conste de dos movimientos en dos ejes; los movimientos de este seguidor solar en primer instancia es rotar en su propio eje como primer movimiento y el segundo movimiento sería para la inclinación que se le quiera dar. Esta propuesta considera dejar el panel solar a una altura determinada por el área donde se vaya a colocar. El objetivo de dichos movimientos es dar seguimiento del movimiento de

rotación y traslación de la tierra para la mayor captación de energía a lo largo del tiempo. La figura 2 muestra el diseño mecánico de la primera propuesta.

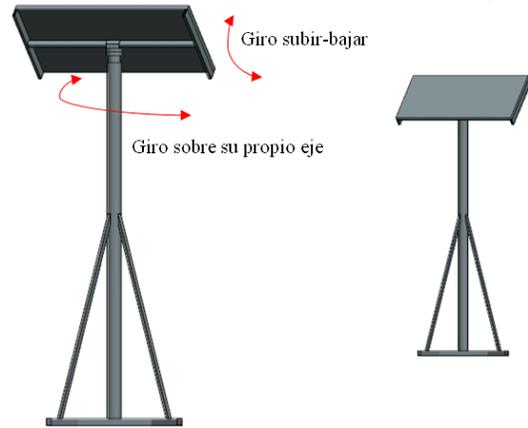


Figura 4. Diseño mecánico propuesto 1.

B. Segunda Propuesta

Una segunda propuesta consta de un seguidor solar de tres movimientos o tres ejes; el primer movimiento de este diseño es girar hacia la derecha e izquierda, el segundo movimiento es para la inclinación y el tercer movimiento es para la altura de acuerdo a la posición del sol. El objetivo de dichos movimientos es para dar seguimiento del movimiento de rotación y traslación de la tierra para la mayor captación de energía a lo largo del tiempo. La figura 2 muestra el diseño mecánico de la segunda propuesta.

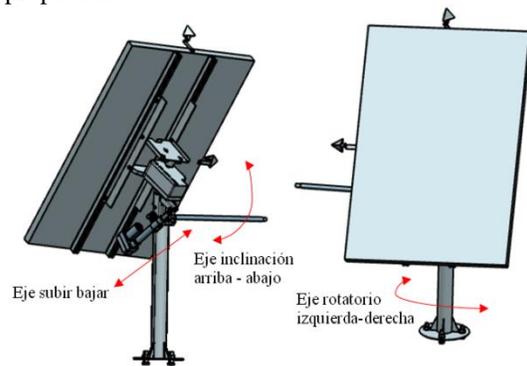


Figura 5. Diseño mecánico propuesto 2.

C. Consideraciones

En cuanto al movimiento de traslación tenemos que la tierra realiza un movimiento de traslación cada 365 días y 6 horas aproximadamente. Este movimiento consiste en que la Tierra gira alrededor del Sol sobre su propio eje durante un año. Por ello, debido a que nuestro año oficial es de 365 días completos, cada 4 años se incluye un día más (29 de febrero) en los llamados bisiestos, para cubrir las casi 24 horas acumuladas en ese periodo de tiempo. Su velocidad es de 28,9 kilómetros por segundo. Igualmente, el movimiento de traslación origina las cuatro estaciones

de nuestro planeta (verano, otoño, primavera e invierno). Estas son determinadas por la inclinación del eje de la Tierra y la posición de esta respecto al Sol. Algunas áreas reciben más radiación solar que otras. Por ello, las estaciones van cambiando según la cercanía de cada hemisferio respecto al Sol.

En cambio en el movimiento de rotación la Tierra da una vuelta sobre sí misma en 24 horas alrededor de un eje imaginario, es decir un día. Ello respecto a los puntos cardinales (Norte, Sur, Occidente y Oriente). Además, este movimiento es en dirección Oeste-Este (contrario al de las agujas del reloj). Este fenómeno permite la sucesión de días y noches. Ya que como la Tierra es esférica solamente una parte de ella durante la rotación está expuesta al Sol. Y en la parte de la Tierra que permanece oculta u oscura será de noche. Esta rotación también da lugar a las diferencias horarias entre las diversas zonas de nuestro planeta.

V SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO

El sistema de control propuesto para lograr el movimiento de cada eje del seguidor se muestra en el bloque de la figura 6.

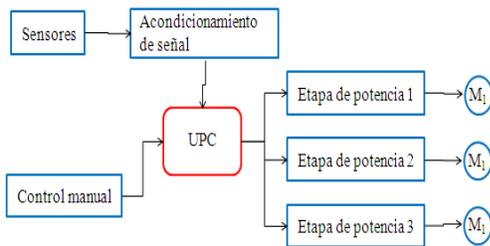


Figura 6. Diagrama a bloques del sistema de control electrónico.

UPC. Unidad principal de control, esta etapa contendrá el elemento principal que llevara a cabo la comunicación con las demás etapas, tendrá el programa principal, recibirá las señales de los sensores, enviará la información a las etapas de potencia de cada motor. El dispositivo podrá ser un PLC o un microcontrolador.

Sensores. Esta etapa contendrá los sensores que permitirán detectar la radiación solar y por ende la dirección en que se deberá de mover el seguidor solar.

Acondicionamiento de señal. Esta etapa permitirá recibir las señales provenientes de la etapa de sensores y acondicionarlas para poder enviarlas a la UPC para que esta las pueda manejar y entender.

Control Manual. Esta permitirá mover en modo manual el seguidor solar, es decir tendrá las opciones de mover cada eje de manera individual o tomando en cuenta un sistema de referencia como puede ser el cartesiano o cilíndrico.

Etapas de potencia. Estas etapas serán las encargadas de proporcionar la potencia necesaria para que los motores

del seguido solar se puedan mover en la dirección y orientación adecuada.

Motores. Para lograr el movimiento de cada eje del seguidor solar es necesario un actuador, por lo que para este proyecto se pretende emplear un actuador eléctrico, es decir un motor. El tipo de motor que se empleará sería un servomotor por cada eje.

VI SISTEMA DE SENSORES

Para que el seguidor solar que se propone en este trabajo pueda seguir al sol y se pueda tener un máximo nivel de captación de energía solar en las celdas fotovoltaicas, es necesario un sistema de sensores que detecten la luz solar. Se pretende emplear los siguientes tipos de sistemas de sensores.

Sensor LDR. Los sensores de luz o LDR como se les conoce más comúnmente, se construyen a partir de unos componentes selenio, sulfuro de cadmio o sulfuro de plomo que se caracterizan por variar su resistencia en función de la luz que reciben. La figura 7 muestra el aspecto físico y el símbolo de este tipo de sensor.

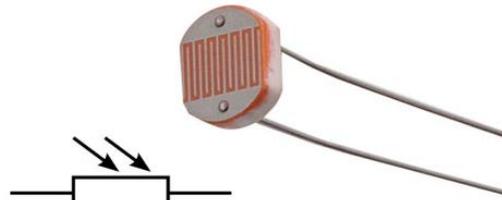


Figura 7. Sensor LDR

Sensor digital solar. Las principales características de este tipo de sensores es que mide el ángulo de incidencia de un rayo de sol en ambos ejes ortogonales y la radiación solar. Este tipo de dispositivo es adecuado para el seguimiento del sol con una alta precisión, con un bajo consumo de energía y alta fiabilidad. Además de que pueden permitirse comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo de comunicación Modbus RTU, CANOpen entre otros protocolos. La figura 8 y 9 muestran dos ejemplos de sensores digitales solares.



Figura 8. Sensor solar digital ISS-TX.



Figura 9. Sensor solar digital Silicon solar irradiation sensors (Si sensors).

VII CONCLUSIONES

Se presenta la propuesta de un seguidor solar de dos y tres para la generación de energía eléctrica a partir de la energía del sol. Dentro de la propuesta se muestran dos diseños mecánicos, uno con dos ejes y otro con 3 ejes. Además se describen los elementos principales que estarán involucrados para el control electrónico. Para el proceso de detección de la energía solar en los paneles y por consiguiente llevar a cabo el seguimiento del sol, se describen dos tipos de sensores con los cuales se pretende trabajar.

El desarrollar este tipo de proyectos en los cuales se involucre el uso de energías alterna como la luz solar, permiten dar respuesta a la creciente demanda de energía eléctrica, y además que sea de una manera sustentable y con poco impacto negativo en el medio ambiente.

Como trabajos futuros sería la implementación y puesta en marcha del seguidor con todos sus elementos, y realizar estudios, investigaciones que permitan usar este tipo de tecnología que genere la energía eléctrica que se pueda usar dentro del propio ITSL.

VIII AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México, campus Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, por proporcionar todos los recursos necesarios para la realización del presente trabajo, por medio del Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico del mismo instituto, al igual la División de Ingeniería Electrónica.

IX REFERENCIAS

- [1] Asociación Nacional de Energía Solar, ANES. Energía Renovable. Disponible en: http://www.anes.org/anes/index.php?option=com_wrapper&Itemid=11

- [2] Secretaría de Energía. Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos en México (ProSolar) Disponible en: http://www.anes.org/anes/formularios/LeyesNormas/Leyes/informe_final_ProSolar_Color.pdf.
- [3] Comisión Nacional del Agua, CONAGUA. Cooperación técnica México-Japón Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/CoConteni/DocumentoD/presentacion1.pdf>
- [4] Beltrán, J. A. (2007) " Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos", Tesis para obtener el grado Maestro en Ciencias, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico(CENIDET) ,Coordinación de Mecatrónica, Cuernava, Morelos, México.
- [5] Silva Lara, W.A. (2015) " Diseño de un prototipo de seguidor solar de un eje", Tesina para obtener el diploma de especialista en mecatrónica, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Dpto. de Posgrado, Lerdo, Durango, México.
- [6] Fuentevilla, J. S. (2012) " Diseño y construcción de un sistema de seguimiento fotovoltaico", Tesis para obtener el grado de Ingeniero Mecatrónico, Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México
- [7] Arreola Gómez, R. (2014) " Diseño, construcción y evaluación de un sistema de seguimiento solar autónomo de dos ejes para un panel fotovoltaico", Tesis para obtener el grado Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado de Hidrociencias, Texcoco, Edo. De México, México.
- [8] Salgado Conrado, L. (2010) "Diseño y construcción de un sistema de control para la orientación de un concentrador solar cilindro-parabólico este-oeste", Tesis para obtener el grado Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Mecánica, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. Instituto Politécnico Nacional, D.f, México.
- [9] Villeda, G.; Castañeda, A.; Vega, J y Pineda, J. (2010) " Seguidor Solar de Dos Ejes para un Horno Solar," *Información Tecnológica.*, vol. 22, pp. 95-106.

X BIOGRAFÍA



M.C. Noé Alvarado Tovar. Nació en la Ciudad de Torreón, Coah. México el 11 de julio de 1978. Egresado del Instituto Tecnológico de la Laguna de la carrera de Ingeniería Electrónica en el año 2000. Obtuvo el grado de Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica en el Centro de Graduados del Instituto Tecnológico de la Laguna, ubicado en la ciudad de Torreón, Coah.

México, en el año de 2006, en la especialidad en Control de Robots Manipuladores. Actualmente está en la etapa final de sus estudios de doctorado en la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.

El actualmente labora en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, desempeñado el puesto de Investigador-Docente, en el Departamento de Investigación y Desarrollo Tecnológico y en la División de Ingeniería Electrónica respectivamente, el instituto se encuentra ubicado en la ciudad de Lerdo, Dgo. México. Cuenta con experiencia profesional en el ramo de la automatización industrial, robótica, control electrónico. Sus actuales líneas de investigación incluyen: Mecatrónica, robótica, automatización industrial, control de movimiento, comunicaciones industriales y electrónica de control y de potencia.



Efraín Vaquera González nacido en Gómez Palacio Durango el 3 de octubre de 1989. Actualmente realiza un estudio de posgrado en Especialización en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la ciudad Lerdo Durango, México.

El actualmente trabaja en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo localizado en la ciudad de Lerdo Durango, México como Docente e investigador, teniendo como temas de interés el diseño industrial, la automatización y la mecatrónica. Él Ing. Vaquera fue campeón nacional del campeonato de Vex Robotics en el área de programación autónoma celebrado en la ciudad de Tapachula, Chiapas, así mismo obtuvo el lugar 13 en el campeonato internacional Vex Robotics en la misma especialidad celebrado en la ciudad de Orlando Florida, EUA.



Diego Alberto Román Landeros nacido en Gómez Palacio Durango el 9 de junio de 1990. Actualmente realiza un estudio de posgrado en Especialización en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la ciudad Lerdo Durango, México.

El actualmente trabaja en el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo localizado en la ciudad de Lerdo Durango, México como Docente e investigador, teniendo como temas de interés el control electrónico de sistemas, la automatización y la mecatrónica en el ramo automotriz.