



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN SOLAR HÍBRIDO

Guillermo Daniel Sánchez Trigueros^a, Palmira N. Rivera Arzola^a, Javier Hernández Pérez^a, Roel González Montes de Oca^a

^aUniversidad Politécnica de Pachuca, Carr. Pachuca- Cd. Sahagún Km 20, 7715477510, gdst_memo@hotmail.com, jahdez@upp.edu.mx, javo_hp@yahoo.com.mx.

RESUMEN

En la actualidad la utilización de energías verdes es una realidad cada día más presente en todos los sectores. Gran parte de las fábricas y edificios dependen de iluminación artificial para ser alumbrados internamente e incluso en muchos casos las luces permanecen encendidas todo el día. Lo que genera un gran consumo eléctrico. El sol es la principal fuente de luz de nuestro planeta y puede ser empleado como energía limpia. Por lo que en el presente proyecto se pretende desarrollar un sistema híbrido de iluminación solar mediante reflexión de luz para el aprovechamiento de la luz solar para edificaciones. El dispositivo consiste en un seguidor solar de dos ejes que mediante el uso de foto resistencias orienta una lente de Fresnel de forma que permanezca perpendicular a los rayos solares, el diseño y análisis mecánico de la estructura se realizó con el software de diseño SolidWorks, con el cual se comprobó que el prototipo cumple con las especificaciones de diseño, la lente de Fresnel concentra la luz solar en una fibra óptica que también está unida al seguidor solar y que rota junto con este, se usa esta fibra para conducir la luz concentrada dentro de la edificación donde se realiza un acoplamiento fibra óptica – espejo, utilizando una lente para crear un efecto de reflector, posteriormente el haz de luz es reflejado por los espejos para llegar a las zonas que se desean iluminar; trabajando a la par con la iluminación artificial para compensar los días nublados. Este sistema es una gran alternativa para la iluminación de interiores ya que utiliza directamente la luz solar para iluminar, lo que propicia una reducción significativa de costos, puesto que el sistema solo requerirá de mantenimiento, y pese a esto los espejos y la fibra óptica no lo requerirán en mucho tiempo.

1. Introducción

La necesidad de mantenernos protegidos del sol a generado que construyamos refugios sin embargo estos a su vez han impedido que la luz necesaria para realizar nuestras actividades tampoco llegue a nosotros a lo largo del tiempo esto se a resuelto de diferentes formas que van desde fogatas en chimeneas, velas, candiles de aceite, hasta llegar la utilización de fuentes de luz que utilizan energía eléctrica para este fin, sin embargo el actual crecimiento de los niveles de gases de efecto invernadero y contaminación en el planeta exigen la utilización de un método de iluminación más amigable con el medio ambiente, nuestra principal fuente de luz es el sol, pero bien es sabido por todos que este no nos ilumina de manera constante en el tiempo, resulta irónico que cuando podemos aprovechar su iluminación nos veamos forzados a utilizar iluminación artificial, debido principalmente a la forma en la que están construidas nuestras edificaciones, para poder aprovechar esta luz sería necesario dirigirla de manera controlada al interior de las habitaciones que se encuentran oscurecidas durante el día, pero sin realizar grandes modificaciones a los inmuebles y sin perder nuestra protección a los rayos solares directos. Por tal



motivo este proyecto pretende realizar el diseño y construcción de un sistema de iluminación solar híbrido que re direccionara la luz solar de manera controlada para iluminar una habitación durante el día, este no remplazara por completo los sistemas de iluminación convencionales, pero aprovechara la luz del día para minimizar el uso de iluminación artificial. Por lo cual se propone el diseño electrónico y mecánico de un seguidor solar que utilizara una lente Fresnel para concentrar la luz y posteriormente re direccionarla. Mediante el uso de fibra óptica, esta conducirá la luz concentrada dentro del edificio y posteriormente se utilizaran espejos para continuar la redirección de la luz, estos espejos permite una reducción de costos en comparación a utilizar solo fibra óptica para la conducción de la luz.

En la parte mecánica se propone utilizar un seguidor de 2 grados de libertad. En el diseño electrónico se propone el desarrollo de un circuito de control mediante el uso de fotorresistencias. Este circuito tiene la función de accionar los motores del seguidor para mantener la lente siempre orientada al sol.

2. Desarrollo

En este trabajo se consideran básicamente tres etapas principales:

1. Diseño y construcción de un seguidor solar de dos ejes mediante el uso del software de diseño SolidWorks
2. Diseño de circuito de control
3. La implementación de un sistema óptico compuesto de fibra óptica y espejos, para así, re-direccionar la luz solar para iluminar de manera natural una habitación

Como es sabido, la rotación de la tierra alrededor del Sol provoca que la luz solar que incide en nuestro planeta cambie su ángulo durante todo el año, la manera en que se consideró compensar este movimiento solar sería otorgándole a la estructura 2 grados de libertad perpendicularmente opuestos entre sí, para este fin, se utilizaron dos motores con motoreductor.

Diseño mecánico

Las lentes de Fresnel, aunque de precio asequible, no son fáciles de conseguir. Se fabrican de diversos tamaños, por lo que para este proyecto se utilizó la lente Fresnel de un proyector de acetatos, este es un aspecto útil como método de reciclaje de este tipo de dispositivos. De esta forma, las dimensiones de diseño propuestas para este seguidor solar están basadas en el tamaño de la lente de Fresnel de un proyector 3M Overhead Projector modelo 566/66RG. Las dimensiones de esta lente son 28 x 28 x 0.8 cm.

La estructura del seguidor consta de tres secciones principales:

- 1) Un marco cuadrado que sostendrá la lente usando 4 límites rectangulares colocados en las esquinas del marco, con una sección rectangular, perpendicular al marco, que se utilizará para sostener la fibra óptica en el punto focal de la lente Fresnel.
- 2) La siguiente sección fue el soporte del marco, encargado de sostener el marco de la lente. En éste se integró el primer motor, colocado en posición vertical y utilizando sus propios puntos de anclaje, se montó en una sección rectangular de solera soldada al soporte, este motor permite la inclinación de todo el marco de la lente.



- 3) La última sección o base del dispositivo es la que sostiene y permite que rote toda la estructura, se instaló el segundo motor de forma horizontal de la misma manera que el primero, este último segmento del dispositivo es el que quedara fijo sobre la superficie final en la que se colocara el seguidor.

Todas las secciones del sistema fueron diseñadas con PTR (Perfil Tubular Rectangular) de sección transversal cuadrada de 1 pulgada de grosor.

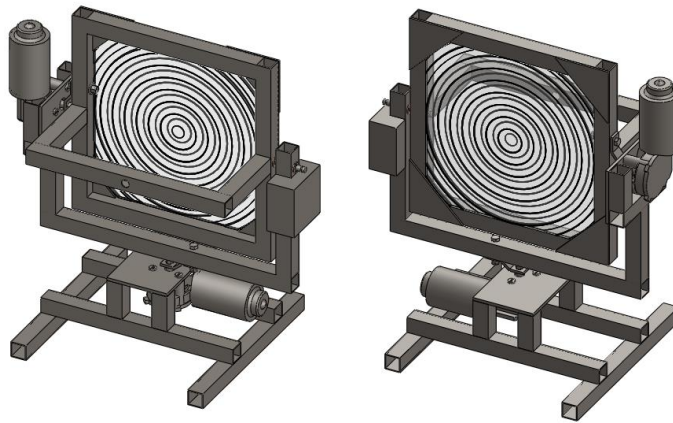


Figura 1 Vistas trimetricas del diseño completo del seguidor solar en SolidWorks.

Para validar el diseño, se realizó el análisis estático de fuerzas mediante el software de diseño SolidWorks, se realizó un análisis de resistencia estática a la estructura, la cual está construida con PTR de acero ASTM-36 con un límite elástico de 250 Mpa. Se utilizó la teoría de Von Mises para dicho análisis [1]. Ya que esta estructura estará expuesta a fenómenos climatológicos se consideró conseguir un factor de seguridad por encima de 3.

Se analizó la estructura por partes para facilitar el cómputo de los resultados, analizando en conjunto el marco del lente con el soporte del marco y posteriormente la base del dispositivo.

Para el primer análisis se consideró únicamente el efecto de la gravedad sobre la estructura, como se observa en el análisis de von mises, el limite tensión no supera al límite del material utilizado siendo el máximo alcanzado el valor de 25412418 N/m^2 . Y posteriormente se realizó el análisis de factor de seguridad en este se puede parecía que el factor de seguridad mínimo en esta sección de la estructura corresponde a 8.97 superando nuestro mínimo establecido.

Para el segundo análisis se utilizó el valor de la fuerza que se generó en la base del marco del lente, que corresponde al punto de anclaje con la base de la estructura, esta fuerza equivale a 74.7 N. esto es posible debido al principio de transmisibilidad [4].



Aplicando esta carga sobre la estructura se observó del análisis de von mises figura (2.a) que tampoco es superado el límite tensión del material utilizado siendo el máximo alcanzado el valor de 55966880 N/m², finalmente se comprobó con el análisis de factor de seguridad figura (2.b) para la base que el factor de seguridad mínimo en esta sección de la estructura corresponde a 4.47 por lo cual podemos concluir que la estructura en conjunto supera el valor mínimo establecido.

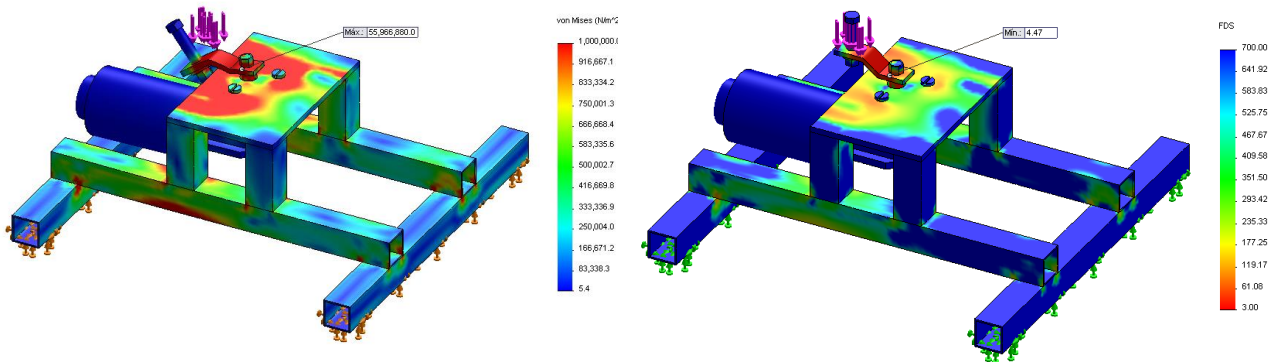


Figura 2 Análisis de base de la estructura considerando la carga total ejercida, a) Izquierda grafica de análisis de vonMises, b) derecha grafica de factor de seguridad

Para el control del giro de los motores del seguidor solar se propuso un control basado en 2 fotorresistencias (LDR) separados entre sí por un segmento rectangular, que generara sombra sobre ellas dependiendo desde donde incida la luz, exceptuando cuando la luz incida directamente sobre las LDR y paralelo al segmento rectangular; estas resistencias censaran la cantidad de luz sobre ellas y posteriormente un circuito analógico detectara el desbalance luminoso entre las dos fotorresistencias, ubicadas en la misma posición que el panel solar, el circuito activara el motor que girara la estructura para orientarla hacia el Sol y corregir el desbalance luminoso entre las resistencias. A continuación se muestra el circuito base del seguidor Figura 3.

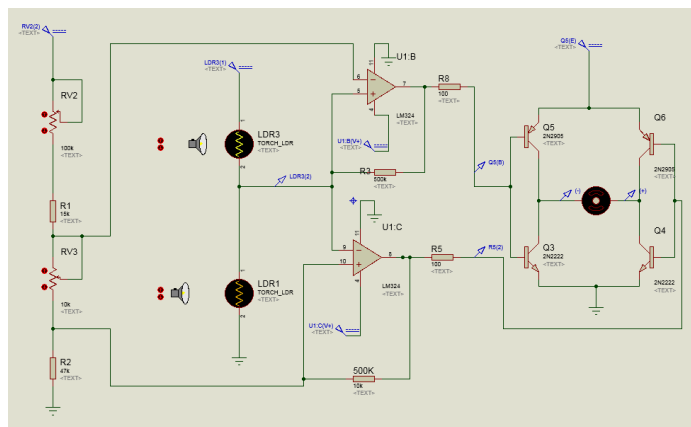


Figura 3 Diseño básico de circuito de control

Se puede apreciar que se trata de un comparador. Cuando el nodo que comparten las fotorresistencias salga del rango establecido con el arreglo de potenciómetros y resistencias, se activará un amplificador operacional que a su vez permitirá la activación de los transistores



correspondientes estos permitirán la activación del giro del motor, el cual provocara la alineación de las LDR directamente a la fuente de luz, este proceso se repetirá si la iluminación cambia sobre las LDR, permitiendo así al circuito seguir al sol. Para el circuito final fueron agregados seguidores de voltaje en el circuito y el puente H se construyó con un arreglo de relevadores esto para asegurar el correcto funcionamiento de los motores.

Sistema óptico

El seguidor solar permite que la lente de Fresnel permanezca perpendicular al sol, el punto focal de la lente se concentra directamente al centro de una fibra óptica de núcleo sólido de 10mm de espesor esta guía la luz concentrada dentro de la edificación a iluminar una vez dentro de la edificación la luz que sale de la fibra óptica tendrá una dispersión debido a la apertura numérica generada por la fibra, por lo cual se concentra nuevamente con una lente biconvexa para posteriormente ser reflejada en espejos fijos cuya colocación dependerán de las dimensiones del recinto, estos espejos guiarán la luz hasta la habitación que se desea iluminar el último espejo dirigirá la luz a una placa que difumina el haz de luz nuevamente para que ilumine la habitación de forma homogénea, como un foco convencional.

3.- Resultados

Se fabricó el seguidor solar y se pudo comprobar que el circuito de control permite orientar la lente Fresnel directamente al sol, esta concentra la luz que incide sobre ella generando un gran punto luminoso pero también una temperatura cercana a los 70°C, se observó que utilizando un único cable de fibra óptica fue posible conducir la luz dentro de la edificación logrando aprovechar el 70% de la luz que concentra la lente Fresnel, además de soportar sin problemas la temperatura generada por la concentración de luz sobre la fibra, esta cantidad de luz puede iluminar con facilidad puesto que es luz concentrada sin embargo pierde fuerza entre más veces sea reflejada en los espejos, por lo cual en nuestras pruebas preliminares de este primer prototipo se limita a 2 reflexiones y una última directa al difuminador.



Figura 4 Sistema fabricado, Seguidor solar con fibra óptica y lente



4. Conclusiones

Se comprobó con el análisis del diseño mecánico que el equipo posee un factor de seguridad superior al mínimo establecido con lo cual se espera que sea capaz de soportar las variadas condiciones climatológicas a las que está sometido. Con este prototipo se comprobó que es posible utilizar este método para iluminar una habitación durante el día creando un consumo de energía mínimo en comparación a los sistemas convencionales y con cero emisiones de contaminantes. Si bien la cantidad de luz redirigida con este primer experimento, para iluminar la habitación pierde fuerza y puede llegar a considerarse baja, resulta importante recalcar que la lente utilizada para este proyecto es de reciclaje, esta presenta deformaciones lo que reduce su eficiencia también, se puede recalcar que comercialmente existen fibras ópticas de mayor espesor o que es posible juntar varias de estas en el punto focal de la lente para conducir una mayor cantidad de luz.

Bibliografía

1. Hamrock Bernard J; Jacobson Bo; Schmind Steven R. Elementos de máquinas. Primera edición. 2000. McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. México DF.
2. G. Budynas Richard; Keith Nisbett J. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. Octava edición. 2008. McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V. México DF.
3. L. Norton Robert, Diseño de Máquinas. 4ta. Edición, Prentice Hall, Pearson.
4. William F. Riley, Leroy D. Sturges Ed. Reverté S.A. Ingeniería Mecánica- Estática