

Sistema optimizado de adquisición de energía solar por el método de seguidores solares

Andrea Apac Castillo, Juan Casanova Gonzales

Asesor: Ing. Javier Cieza

Escuela de Ingeniería Mecatrónica, Universidad Ricardo Palma – Perú

andreita_30_8@hotmail.com, california255@hotmail.com

RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño de un control de posición para optimizar la adquisición de la energía solar con un panel solar por el método de seguidor solar. El seguidor solar consistirá de dos motores de corriente continua DC para posicionar el panel solar en función a la mayor cantidad de luz, irradiación, de tal modo que el panel solar obtenga un mejor desempeño en la captación de energía solar.

Para ello, se utiliza un sistema de sensores para determinar la dirección de la mayor cantidad de luz emitida por el sol y un sistema de salida para controlar la dirección de rotación y el ángulo de giro de un motor DC.

PALABRAS CLAVES: Irradiación, Seguidor solar, Panel Solar, Motores DC.

ABSTRACT

The project consists of a design of a position control to optimize the acquisition of solar energy with a solar panel for solar tracker method. The solar tracker consists of two DC motors DC to position the solar panel according to the most light, irradiation, so that the solar panel get better performance in capturing solar energy.

For this purpose, a sensor system used to determine the direction of the greater amount of light emitted by the sun and a system for controlling the output direction of rotation and angle of rotation of a DC motor.

KEY WORDS: Irradiation, Solar Tracker, Solar Panel, DC Motors.

INTRODUCCIÓN

La energía solar es la energía obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol.

La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio de captadores que mediante diferentes tecnologías (células fotovoltaicas, heliostatos, colectores térmicos) pueden transformarla en energía eléctrica o térmica.

La potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de radiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

Un seguidor solar es una especie de girasol mecánico, ya que su misión consiste en que su panel solar siga al Sol desde su salida hasta su puesta. De esta manera, aprovecha la radiación solar mucho mejor que los sistemas solares fijos. La gran variedad de prototipos permite su uso de manera accesible a grandes y pequeños consumidores, por lo que cada vez más empresas desarrollan dispositivos muy diversos.

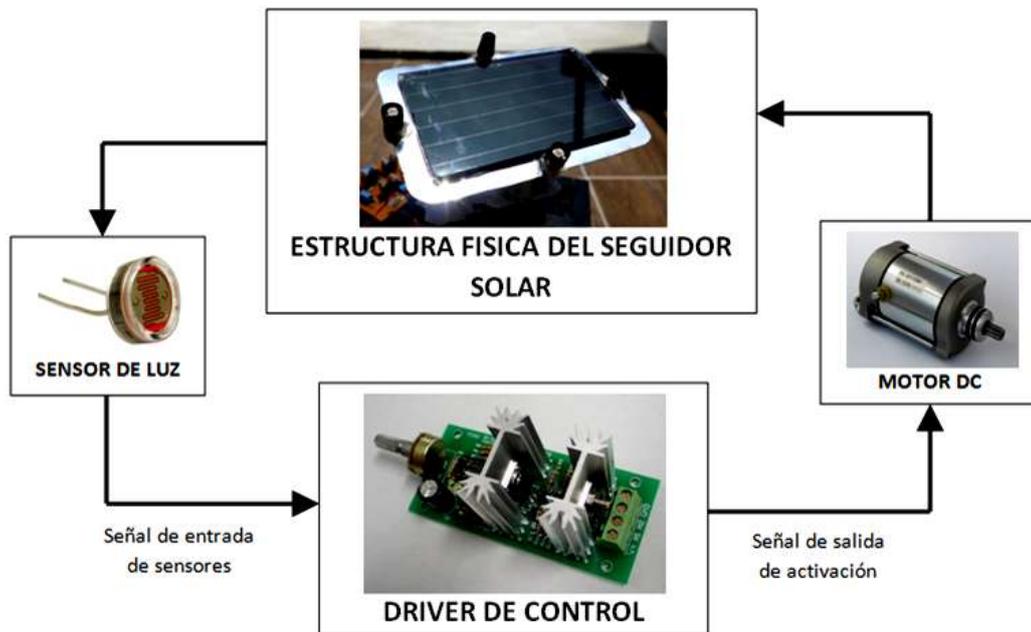


Fig. 1. Sistema optimizado de adquisición de energía solar

Los seguidores solares se diferencian por poseer un eje o dos de movimiento. En nuestro caso se implementó uno de dos ejes ya que nos permitirá un seguimiento perfecto de la luz solar.

Con la instalación física del sistema de control se logrará mejorar y optimizar la adquisición de energía solar mediante el método de seguidores solares. El sistema y sus componentes se muestran en la Figura N°1.

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

El problema del que se ocupa este proyecto, es el de controlar el ángulo de giro de un Motor DC para definir el ángulo de inclinación de un panel solar de tal manera que se optimice la adquisición de energía solar.

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

El ángulo de inclinación óptimo de las superficies captadoras de un sistema solar está determinado por muchos factores, entre ellos la radiación incidente en el lugar donde va situada la instalación, y el cielo solar, donde influye la sombra de objetos que no pueden ser eliminados, como edificios, montañas, etc. Además, las características de la instalación, o sea, si es única o híbrida, autónoma o acoplada a la red y el objetivo de la instalación, lo que define el régimen de uso y de consumo. En todo caso, la optimización de un sistema

solar está dada por el factor económico de la instalación en su conjunto y no por la eficiencia óptima de una de las partes.

El efecto de la orientación y el ángulo de inclinación de una superficie colectora de la radiación solar, por ejemplo un captador solar plano o un panel fotovoltaico, han sido estudiados en varios trabajos. Varios métodos se han propuesto en la literatura para encontrar el ángulo óptimo. Entre los métodos propuestos se obtiene una expresión para determinar el ángulo óptimo para un colector teniendo en cuenta la radiación directa y difusa separadamente.

En este proyecto se desarrolla la realización de un proyecto Mecatrónico en el cual se diseña un sistema de control de posición de un Panel solar, el cual cumple con seguir la dirección de la luz solar con mayor irradiación, desde que aparece el sol por el este hasta que se oculta por el oeste, lo que permite que los paneles solares estén siempre enfrentados al sol, y por tanto aumentará el rendimiento del panel fotovoltaico situado sobre la estructura.

A. Influencia del ángulo de inclinación de un panel solar sobre la radiación incidente

La radiación total sobre una superficie inclinada a partir de la radiación horizontal considerando períodos relativamente cortos, por ejemplo de una hora, está representada por la ecuación 1.

$$I_{\beta} = I_{HD}R_D + I_{Hd} \frac{1+\cos\beta}{2} + I_{HD} + I_{Hd} \frac{1-\cos\beta}{2} \rho \quad (1)$$

donde:

- I_{β} : Radiación total sobre una superficie inclinada.
- I_{HD} : Componente directa de la radiación sobre el plano horizontal.
- I_{Hd} : Componente difusa de la radiación solar sobre el plano horizontal.
- R_D : Relación entre la componente directa de la radiación solar sobre una superficie inclinada y la radiación directa sobre una superficie horizontal.
- ρ : Reflexividad del suelo.

Asimismo,

$\frac{1+\cos\beta}{2}$ = mide la proporción de bóveda celeste vista por la superficie inclinada respecto a la que ve un plano horizontal.

$\frac{1-\cos\beta}{2}$ = mide la proporción de suelo que ve la superficie inclinada.

Asimismo, la eficiencia de un panel solar está representada por la ecuación 2.

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c} \quad (2)$$

Si queremos aumentar la eficiencia, debemos aumentar la irradiación. Asimismo, la cantidad de radiación será mayor cuando el plano del panel este completamente perpendicular a la fuente de luz, tal como se muestra en la Figura 2.

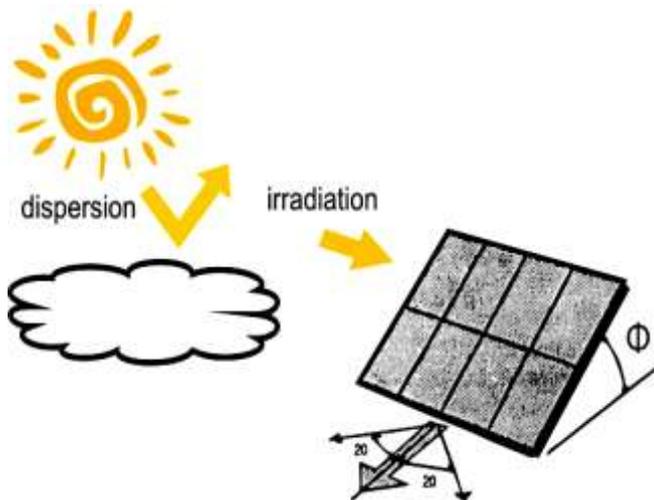


Figura 2. Sistema de adquisición de energía solar

B. Diseño del sistema electrónico de sensado

Un amplificador operacional, es un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia).

Para la confección del circuito electrónico de control, se hace uso de un integrado LM324 que cuenta con 04 Op-amps, el cual se muestra en la Figura 3.

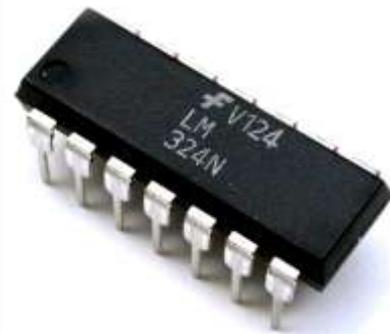
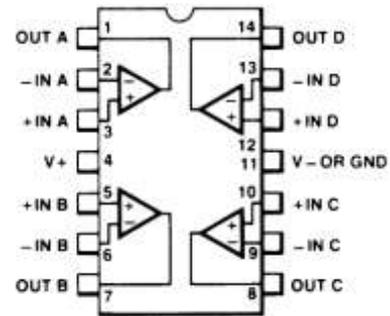


Figura 3. Configuración del OPAMP LM324

El LM324 es un Amplificador operacional cuádruple con entradas diferenciales verdaderas. Está compuesto por cuatro amplificadores operacionales de alta ganancia, diseñados para trabajar con fuente de alimentación simple. Sin embargo, también son capaces de funcionar con una fuente de alimentación doble.

Tiene ventajas sobre los amplificadores operacionales convencionales en aplicaciones de fuente sencilla de alimentación y puede trabajar con voltajes de alimentación desde 3V hasta 32V. Es de bajo consumo de energía (aproximadamente 1/5 del consumo de un LM741 convencional).

Este OPAM será usado como un comparador. Esta es una aplicación sin retroalimentación. Compara entre las dos entradas y saca una salida en función de qué entrada sea mayor. Se puede usar para adaptar niveles lógicos [1].

Asimismo, compara el voltaje final luego de atravesar la resistencia producida por los LDR por la cantidad de luz y el voltaje producto de un divisor de voltaje, tal como se muestra en la ecuación 3.

$$V_{out} = \begin{cases} V_{S+} & \text{si: } V_1 > V_2 \\ V_{S-} & \text{si: } V_1 < V_2 \end{cases} \quad (3)$$

La señal de control permitirá la activación o desactivación de los motores y estos sólo se activarán mientras que la resistencia de los LDR sea muy alta, ya que el comportamiento de estos sensores es la de una resistencia variable, que a mayor cantidad de luz (lux) tienen un menor valor de resistencia (ohmios), comportamiento que es mostrado en la Figura 4.

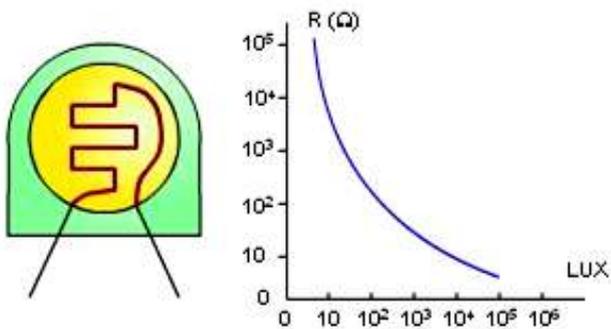


Figura 4. Gráfica del comportamiento de un LDR

Es por ello que la utilización de un puente H es necesaria, ya que nos permitirá controlar el mismo motor con salidas distintas, permitiendo que gire en ambos sentidos, permitiendo localizar la mayor cantidad de luz (irradiancia) para que nuestro panel solar tenga un mejor rendimiento.

C. Diseño del sistema Mecánico del Seguidor Solar

El sistema de posición de un panel solar, mediante el método de seguidor solar, se emplearon dos motores DC, los cuales son usados para que la base del panel solar se pueda desplazar en dos ejes. Estos motores son alimentados con 6v DC, con la velocidad y torque necesarios para obtener un correcto funcionamiento de todo el sistema, lo cual se esquematiza en la Figura 5.

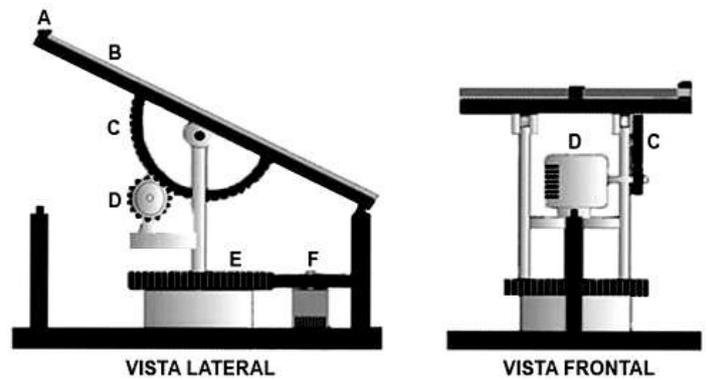


Figura 5. Sistema mecánico - Motor DC

Uno de los motores está montado sobre un base fija, mientras que el otro está sobre base móvil. Asimismo, para este último se emplea un contrapeso, para que el sistema pueda lograr un buen equilibrio.

D. Desarrollo del sistema de control

El sistema de control tiene como entrada el sentido de la cantidad de luz emitida por el sol. En la Figura 6 se muestra la lógica de control del sentido de giro del motor en función a la comparación de la cantidad de luz capturada por dos sensores LDRs.



Figura 6. Lógica de control del sentido de giro del motor

La comparación de la cantidad de luz capturada será la que determine si el motor deberá realizar un giro en sentido horario o antihorario. Esto es realizado mediante un circuito de potencia, conocido como puente H, el cual permitirá la activación del motor de acuerdo al resultado de la comparación.

A continuación se presenta, en la figura 7, el diseño de un circuito de potencia "Puente H" para cambiar la polaridad de alimentación del motor.

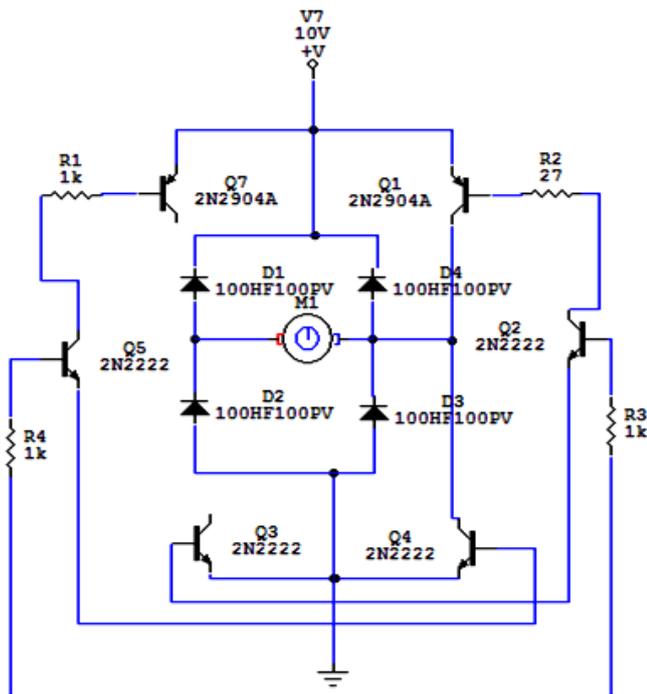


Figura 7. Diseño del circuito de Potencia Puente H

Los motores DC cumplirán con su funcionamiento modificando su ángulo de rotación hasta llegar a la dirección de mayor cantidad de luz.

Se emplearán 02 sensores de luz LDRs para cada uno de los motores, para que de esta manera puedan girar dependiendo del eje de referencia, tanto de arriba hacia abajo o de derecha a izquierda, tal como se muestra en la Figura 8.

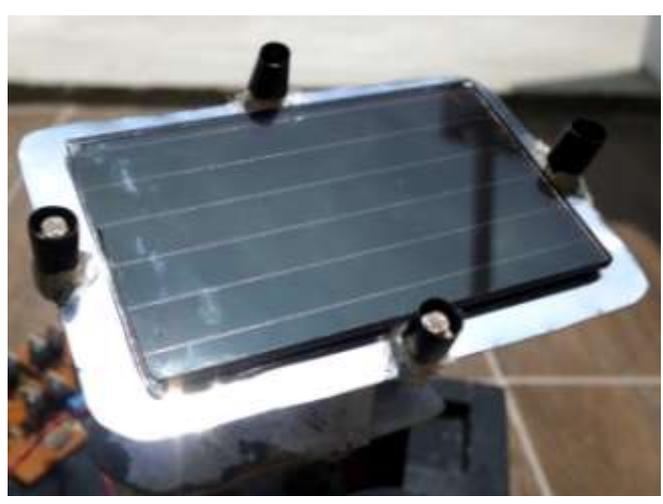


Figura 8. Panel solar y sensores LDRs

RESULTADOS

Se determino que es necesario el uso de 04 sensores de luz, LDRs, logrando una mejor eficiencia del sistema de posicionamiento del panel solar.

El seguidor solar es de 02 ejes, lo cual permite tener un mejor rendimiento en el proceso de adquisición de luz del panel solar, sistema que es mostrado en la Figura 9.

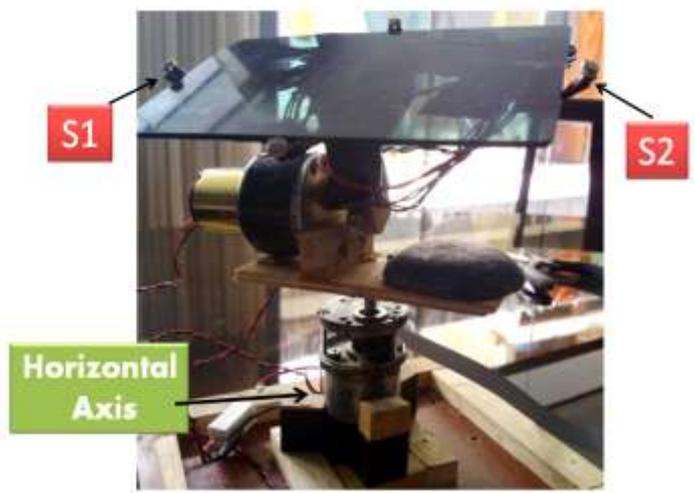


Figura 9. Sistema de control de posición de un panel solar

En la Figura 10 se muestra el circuito de control del sistema de posición del panel solar. Se muestra el amplificador operacional LM324 en su función de comparador y el 74LS04 que hace la función de negador, asimismo, los potenciómetros de 1K Ohmio, utilizados para regular la calibración de los sensores de luz, LDR, y los potenciómetro de 10K multivuelta que cumplen con la función de regularlos.

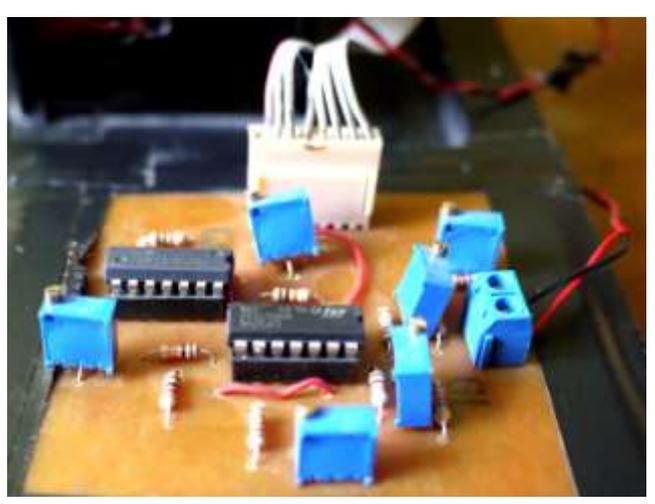


Figura 10. Tarjeta del Sistema de control

Se muestra en la Figura 11 el puente H empleado para lograr los dos sentidos de giros de ambos motores. Este puente H está hecho con transistores 2N2222, TIP120 y TIP127, además de resistencias y borneras para conectar la fuente de alimentación DC y pines de conexión para la entrada y salida de los motores.



Figura 11. Tarjeta del Puente H

ANALISIS Y OBSERVACIONES

- Uno de los motores DC está colocado en la parte superior izquierda, se hace uso de un contrapeso para obtener el equilibrio del sistema mecánico.
- El Amplificador Operacional LM324, usado como comparador, con una resolución mínima lo suficiente como para comparar las dos entradas, empleando cualquiera de las dos salidas, si cuentan con una diferencia de al menos 0.01 voltios.
- Los LDR son sensores que actúan como resistencias variables, con un comportamiento logarítmico. Debido a lo cual, se tiene que tener precisión en el momento de su calibración, ya que de esto depende la eficiencia del proyecto.

CONCLUSIONES

- En el presente proyecto de un sistema de control de posición de un panel solar se ha empleado los conocimientos relacionados a los amplificadores

operacionales, OPAMs, así como circuitos integrados como el NOT, la sensorica en función a los sensores LDRs y del uso de energía renovable a través de un panel solar.

- El Amplificar Operacional LM324 es configurado como un comparador del voltaje fijo dado por un divisor de voltaje, y el voltaje de entrada producto de la variación de su valor mediante la aplicación de sensores de luz, LDR.
- El driver de control de motores, puente H, fue diseñado haciendo uso de transistores 2N2222, TIP120 y TIP127, permitiéndonos controlar el sentido de giro de los motores DC de acuerdo al voltaje de entrada.
- Se determino que para obtener un mayor rendimiento era necesario diseñar un sistema con 02 ejes de libertad, para lo cual se hizo uso de dos motores DC, los cuales están energizados a 6voltios.
- Finalmente, se logró una respuesta más rápida del control de posición del panel solar al utilizar 04 sensores de luz LDRs, colocados de tal manera que cada 02 sensores sean ubicados de manera opuesta y en cada una de las caras del panel solar. De esta manera, se logro que de acuerdo al eje de referencia, 02 sensores guíen al sistema de derecha a izquierda y los otros 2 lo guíen de arriba abajo.

REFERENCIAS

- [1] Data Sheet LM324 – imer. National Semiconductor. December 1994.
- [2] Data Sheet CT6S104 - YAGEO December 1990.
- [3] Data Sheet Plastic Packaged CdS Photocell - Silonex December 2001.
- [4] Creus, Antonio. Energías Renovables. CEYSA. BARCELONA. 2004