

Título:**SISTEMA AUTOMATICO PARA SEGUIMIENTO DE LA TRAYECTORIA DEL SOL Y LIMPIEZA DE PANELES SOLARES.****Resumen**

La presente invención se relaciona con un sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza para paneles solares de forma automática, el cual comprende la posición óptima de los paneles solares, de acuerdo al ángulo azimut y altitud del sol, calculados con un algoritmo matemático al que le ingresa información de la latitud, longitud, fecha y hora del arreglo de paneles solares. Adicionalmente, de forma ventajosa, se incorpora un chip con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro con el fin de medir el ángulo real del arreglo de paneles referenciados con respecto a los puntos cardinales terrestres, esto hace que el sistema no requiera de un protocolo complejo de calibración.

La estructura móvil del sistema incorpora motor con una transmisión sinfín corona auto bloqueante, que permite mayor rendimiento en el movimiento y consumo mínimo de energía. Así mismo, realiza una rutina de limpieza automática de los paneles solares, aprovechando las corrientes de agua de la lluvia, el viento y la rotación. Se incorpora comunicación cableada e inalámbrica y sensor de viento para protección del sistema ante niveles altos de viento y/o tempestades.

Campo técnico de la invención

Esta solicitud se refiere de manera general al campo de la energía solar, y más particularmente a sistemas de seguimiento solar que mejoran el rendimiento, manteniendo la posición del panel con respecto al sol en su máxima producción, y aprovechando la lluvia para la limpieza automática de paneles solares.

Antecedentes de la invención

La energía solar provee un tipo de energía renovable obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol. La radiación solar que alcanza la tierra ha sido aprovechada por el ser humano a través del tiempo, mediante el uso de diferentes tecnologías que han ido evolucionando. Actualmente, el calor y la luz solar pueden ser aprovechados mediante diversos captadores como colectores térmicos, células fotovoltaicas, helióstatos, que permiten la transformación de dicha energía en eléctrica o térmica.

De acuerdo con las condiciones ambientales actuales, el mercado de energía solar, llamada también energía renovable, verde o limpia, se encuentra en pleno desarrollo, la producción ha venido creciendo de manera significativa en los

últimos años, dado que dicha industria, representa una alternativa viable técnica y económicamente y que además es amigable con el medio ambiente.

En 1992 se presentó en Colombia una gran crisis energética que desencadenó en racionamientos de energía, esto debido al fenómeno del niño pues no había suficiente agua para generar electricidad, lo que afectó significativamente la economía del país y la vida de millones de personas. Dependemos altamente del agua, pues la mayor parte de potencia instalada en el país es hidroeléctrica a través de centrales hidráulicas, represas, pozos, embalses en donde se aprovecha el agua como recurso energético de abastecimiento para diferentes regiones. Aunque esta es una fuente renovable de energía, la alta dependencia del agua pone al país en riesgo de racionamiento, por ende se hace fundamental la diversificación de la canasta energética ingresando otras fuentes alternativas de energía al país como lo es la solar pues con el paso de los años se hace cada vez más viable.

Existen países pioneros en el uso de energías limpias: Suiza, Austria, Noruega, Nueva Zelanda, Alemania, Corea del Sur, China, Francia. Países que invierten más en este desarrollo como modelos energéticos amigables con el medio ambiente.

En Colombia El Ministerio de minas y energía instaló un sistema de paneles y seguidores solares con el fin de incrementar el servicio de energía al Centro de Salud e Institución Educativa de Isla Fuerte en el departamento de Bolívar.

En México, ciudad de León, Guanajuato, en el Museo Explora de León, empezaron a funcionar paneles seguidores solares desde el 2012, logrando generar al año 20000 KWh. Estos paneles generan 20% y 40% más energía que los paneles fijos, lo anterior con el fin de promover y divulgar el uso de energía limpia.

En Guayaquil, Ecuador, La Universidad Politécnica Salesiana desarrolló un sistema de posicionamiento de paneles solares, usando lógica difusa para prácticas de laboratorio de control automático. Éste, monitorea y supervisa el panel por medio de una aplicación hecha en Labview. El proyecto es de uso interno en el instituto para beneficiar a estudiantes.

Lo anterior da cuenta de la relevancia del uso de la energía limpia y la imperiosa necesidad de plantear innovaciones encaminadas a la implementación de sistemas de uso eficiente de los recursos, como alternativa a través de modelos energéticos amigables con el medio ambiente.

En un sistema de energía solar, bien sea para generación de energía eléctrica o para calentamiento de agua, el aprovechamiento máximo de radiación se da cuando el ángulo de la superficie del panel solar es perpendicular con respecto al sol. Sin

embargo, este ángulo varía dependiendo de la ubicación y la hora del día, lo que genera ineficiencia en los sistemas con estructura fija.

Además, el polvo o suciedad acumulado en la superficie de paneles solares disminuye su rendimiento, por ende, desde hace muchos años el poder de la naturaleza es empleado para remover esta suciedad, como por ejemplo el uso del poder de la energía eólica, de la gravedad y las corrientes de agua de la lluvia. Sin embargo, diferentes estudios han cuestionado la validez del método porque es necesario girar el arreglo en posición vertical u oblicua en la mañana, terminando la tarde, en la noche y en días lluviosos; tarea que resulta difícil y costosa [1]

Es así, que se plantea el problema como poco aprovechamiento de la energía proveniente del sol, para sistemas con paneles solares fijos y pérdida de eficiencia por suciedad en la superficie.

Si bien, se han hecho esfuerzos importantes dado el auge y la necesidad de crear nuevos productos, sistemas, procesos, modelos, entre otros, los cuales deben ser sustentables a partir de tecnologías verdes y limpias como opción de uso de energía alternativa, los sistemas para seguimiento solar creados, aunque siguen la trayectoria del sol, requieren calibración e instalación compleja la cual es propensa al error humano, lo que afecta significativamente el rendimiento. De igual forma, no se aprovecha la rotación o movimiento en época de lluvia para hacer mantenimiento de los paneles, con lo cual se disminuyen costos, se evita la pérdida de eficiencia por suciedad y se da mayor viabilidad a la implementación de los sistemas seguidores de la trayectoria solar.

Se plantea entonces, que existe en el estado de la técnica, la necesidad de un sistema de seguimiento solar mejorado, que sea de bajo costo de producción, eficiente, y capaz de revertir el poco aprovechamiento de los sistemas de energía solar actuales, en términos de mantener perpendicular la posición de la superficie del panel con respecto al sol, con un procedimiento de calibración que disminuya al mínimo el error humano y maximice la eficiencia. De otro lado, además de aprovechar la rotación automática mientras caen rayos del sol en la superficie del panel, se usan otras horas que cuentan con gran potencial de la energía eólica, la gravedad y las corrientes de agua de la lluvia para la limpieza autónoma del panel solar, con lo cual se evita el gasto de recursos de mantenimiento y que el rendimiento del sistema baje por suciedad en la superficie.

Otra ventaja importante del sistema, consiste en que puede fabricarse en Colombia, teniendo en cuenta que en el país no existe una empresa que fabrique algo similar y las ofertas existentes en el mercado, comercializan productos importados que no tienen soporte local y generan sobre costos. Además, países tropicales como el

nuestro, presenta lluvias gran parte del año; un recurso que puede usarse para limpiar los paneles.

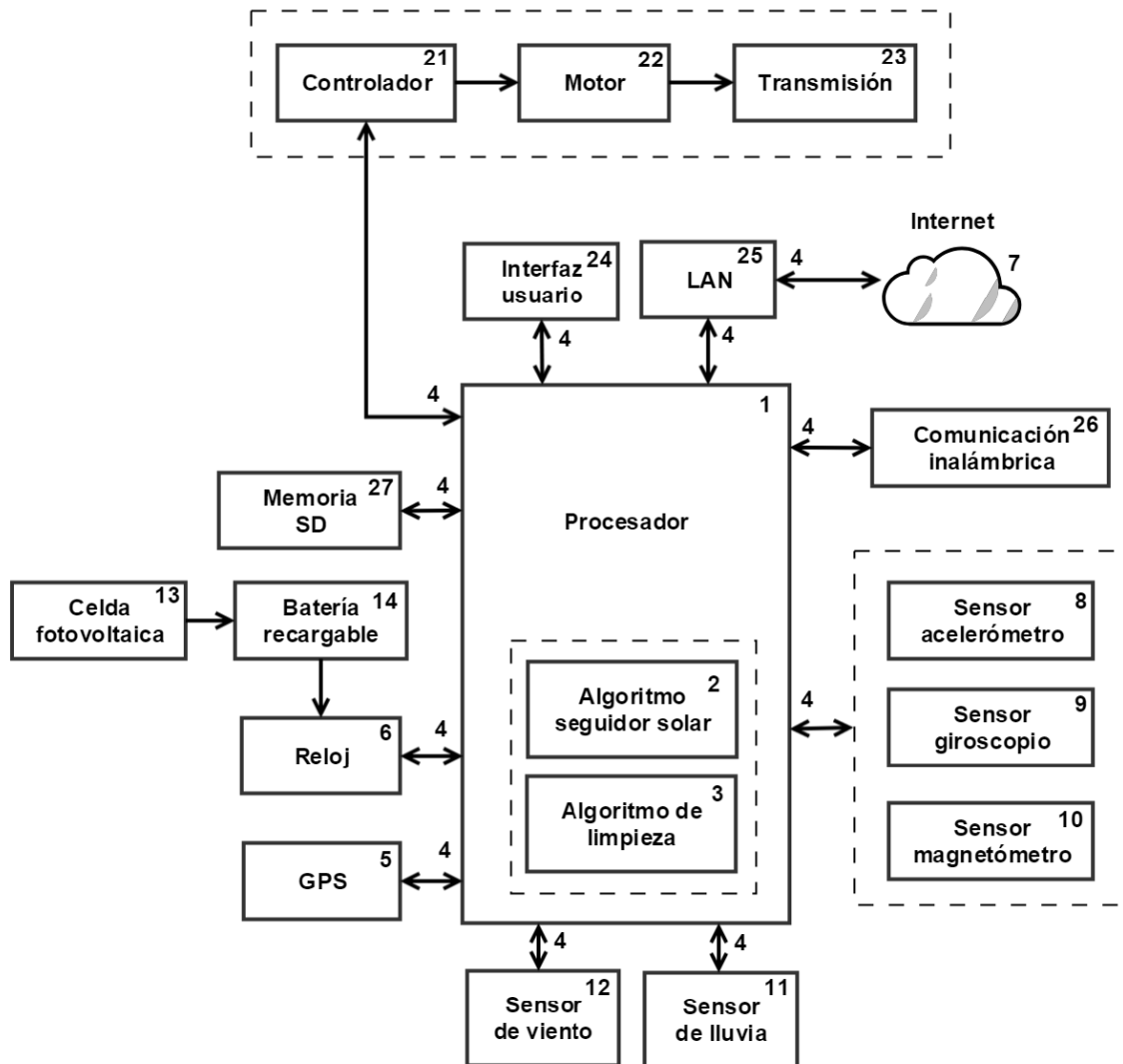
Breve descripción de la invención

De manera ventajosa, la presente invención soluciona los problemas del estado de la técnica, al proporcionar de manera integral, un sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza para paneles solares con calibración automática que minimiza el riesgo de error, el cual afecta significativamente el rendimiento. De igual forma, se aprovecha la rotación o movimiento en época de lluvia para hacer mantenimiento de los paneles, con lo cual se disminuye el gasto de agua y se mantiene la eficiencia al máximo evitando la suciedad.

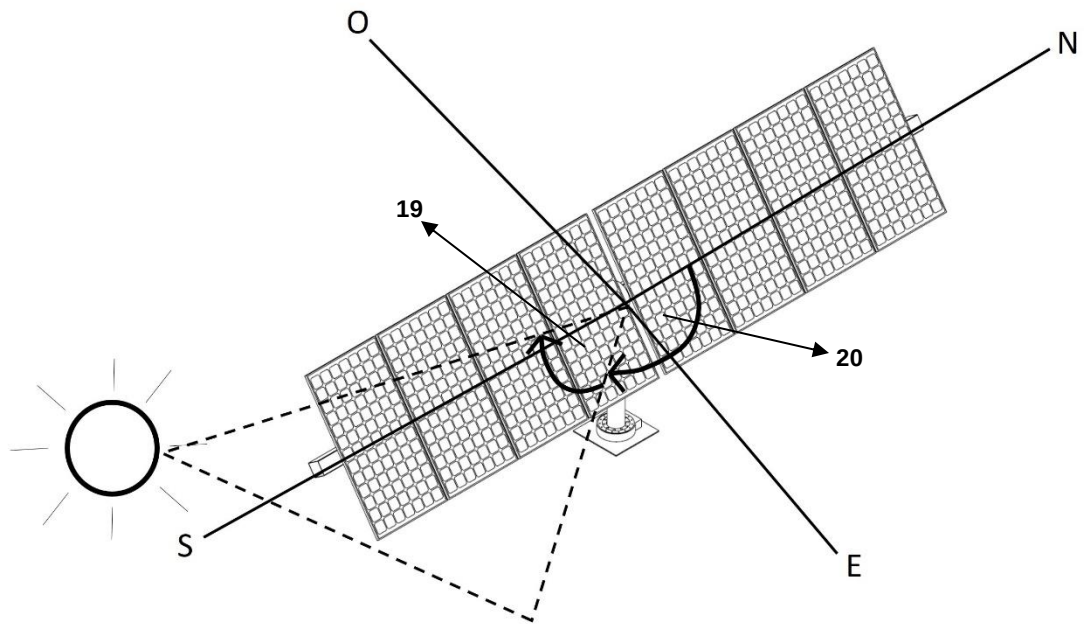
Esta tecnología permite que el ángulo de la superficie de paneles solares térmicos o fotovoltaicos, siempre se mantenga perpendicular con respecto al sol mediante una rotación autónoma; además, el sistema realiza un proceso de limpieza automática. La posición óptima de los paneles solares, de acuerdo al ángulo azimut y altitud del sol, se calculan con algoritmo matemático al que le ingresa información de la latitud, longitud, fecha y hora del arreglo de paneles solares. Además, se incorpora un chip con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro con el fin de medir el ángulo real del arreglo de paneles referenciados con respecto a los puntos cardinales terrestres, esto hace que el sistema no requiera de un protocolo complejo de calibración. La estructura móvil incorpora motor con una transmisión sinfín corona auto bloqueante que permite mayor rendimiento en el movimiento y consumo mínimo de energía. Adicionalmente, y de forma ventajosa el sistema realiza una rutina de limpieza automática de los paneles aprovechando el agua-lluvia y la rotación. Se incorpora sensor de viento para protección del sistema ante niveles altos de viento y/o tempestades.

Breve descripción de las figuras

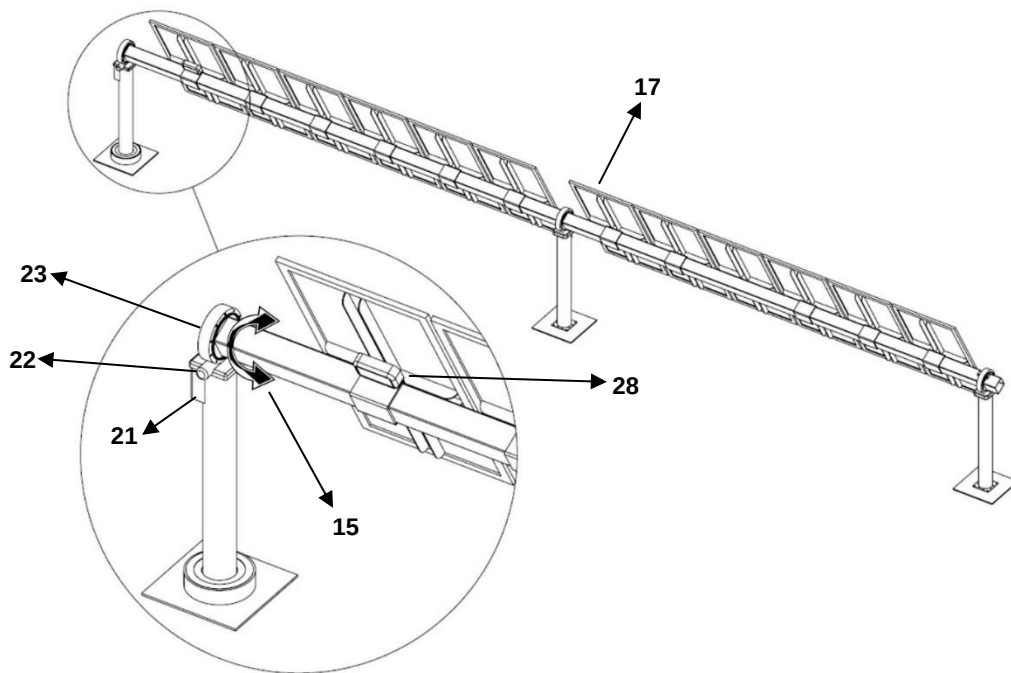
La Figura 1 muestra el diagrama del sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares y como se relacionan todos sus componentes.



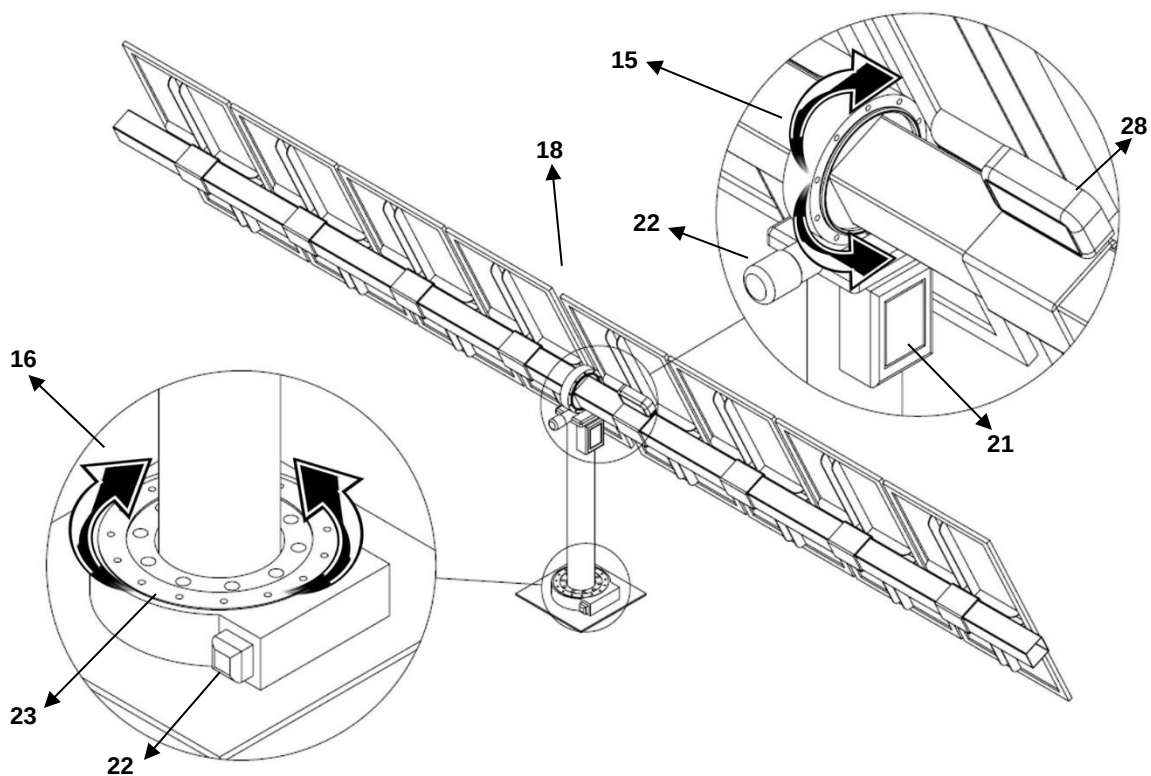
La Figura 2 muestra la relación de los ángulos altitud y azimut del sol con respecto al arreglo de paneles y la ubicación de los sensores de inclinación en el arreglo del sistema automático para el seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares.



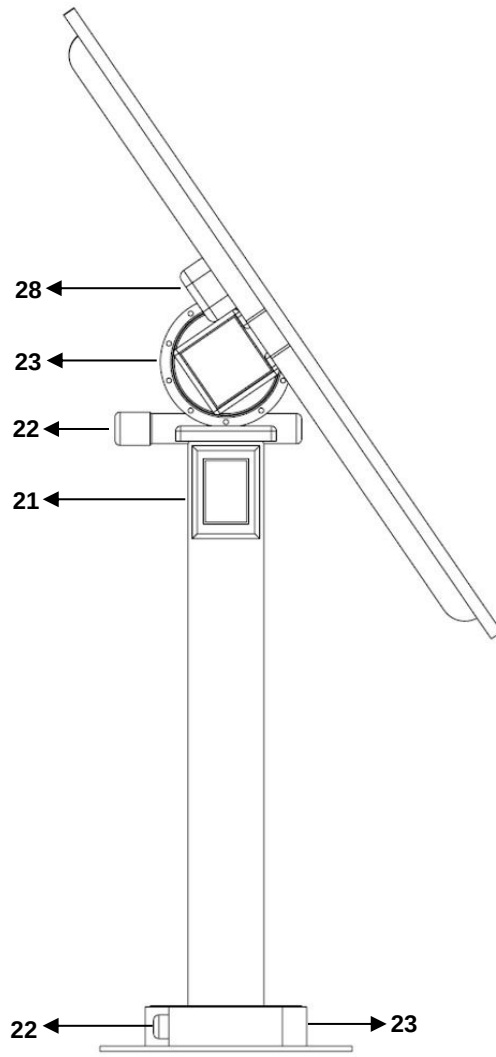
La Figura 3 muestra la estructura móvil en un eje para seguir la altitud del sol en el sistema automático para el seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares.



La Figura 4 muestra la estructura móvil en dos ejes para seguir la altitud y azimut del sol en el sistema automático para el seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares.



La Figura 5 muestra una vista lateral del sistema automático para el seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares.



Descripción detallada de la invención

Dentro del estado de la técnica, se requieren sistemas de energía solar bien sea para generación de energía eléctrica o para calentamiento de agua, que permitan el aprovechamiento máximo de radiación que se da cuándo el ángulo de la superficie del panel solar es perpendicular con respecto al sol. Los sistemas para seguimiento solar creados, aunque siguen la trayectoria del sol, requieren un procedimiento de calibración o instalación propensa a errores humanos que afecta significativamente el rendimiento. De igual forma, no se aprovecha la rotación o movimiento en época de lluvia para hacer mantenimiento de los paneles, con lo cual, se disminuyen costos y se evita la pérdida de eficiencia por suciedad. La

presente invención, resuelve los problemas de rendimiento planteados y aprovecha la rotación para generar beneficios y ahorros adicionales.

El sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, además de permitir que el ángulo de la superficie de paneles solares térmicos o fotovoltaicos, siempre se mantenga perpendicular con respecto al sol mediante una rotación autónoma, con lo que incrementa la eficiencia en términos del aprovechamiento de la radiación, usa la lluvia como elemento adicional en tanto alternativa de ahorro, lo que redundará en el favorecimiento del medio ambiente, en tanto a uso eficiente del recurso hídrico. Si bien, el agua de lluvia no es potable, es idónea para su uso, en el presente caso para el lavado de paneles. Para dicho proceso de limpieza automática, calcula la posición óptima de los paneles solares, de acuerdo al ángulo azimut y altitud del sol a través de algoritmo matemático al que se le ingresa información de latitud, longitud, fecha y hora del arreglo de paneles solares. Además, se incorpora un chip con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro con el fin de medir el ángulo real del arreglo de paneles referenciados con respecto a los puntos cardinales terrestres.

De igual forma, el sistema realiza una rutina de limpieza automática de los paneles aprovechando la lluvia y la rotación. Bajo ciertos ángulos, cuando hay vientos el esfuerzo mecánico pueden ser muy elevado y afectar las estructuras, razón por la cual, como protección del sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, se incorpora sensor de viento lo que permite que ante niveles altos de corrientes de aire y/o tempestades, el sistema se bloquee o busque un ángulo más seguro.

El sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, contribuye con el aprovechamiento de energías alternativas, las cuales se caracterizan por ser fuente de obtención de energías que no destruyen el medio ambiente, son renovables y vienen siendo desarrolladas e investigadas en las últimas décadas con mayor fuerza, en tanto, necesidad de suplir las fuentes energéticas actuales, apostándole a un menor nivel de contaminación, posibilidad de renovación y sostenibilidad ambiental.

Al utilizar fuentes de energía alternas el sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, hace un gran aporte al control del cambio climático y al cuidado del ecosistema, manteniendo la eficiencia y otras características que hacen parte de sistemas más adaptados a las necesidades de hoy, como es el caso del aprovechamiento de energías alternativas y aguas lluvia.

En este sentido, la presente invención soluciona los problemas del estado de la técnica, al proporcionar un sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, que propicia la maximización del aprovechamiento del sol, dado que la tecnología aplicada al sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, permite que el ángulo de la superficie de paneles solares térmicos o fotovoltaicos, siempre se mantenga

perpendicular con respecto al sol mediante una rotación autónoma, y realice un proceso automático de limpieza de paneles.

La posición óptima de los paneles solares, de acuerdo al ángulo azimuth y altitud del sol, se calculan con algoritmo matemático al que le ingresa información de la latitud, longitud, fecha y hora del arreglo de paneles solares. Además, se incorpora un chip con acelerómetro, giroscopio y magnetómetro con el fin de medir el ángulo real del arreglo de paneles referenciados con respecto a los puntos cardinales terrestres, esto hace que el sistema además de ser altamente eficiente, no requiera de un protocolo complejo de calibración.

La presente invención se refiere a un sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, con estructura móvil rotativa en uno o dos ejes. La rotación en un eje móvil, es usada por ejemplo en regiones cercanas a la latitud cero, o latitud del ecuador, dónde la variación del ángulo zenit durante el año no es considerable frente a la variación del ángulo de elevación del sol. Se usa un eje de giro horizontal rodante paralelo a la superficie terrestre con el fin de seguir la altitud del sol, acoplado a un motor con caja de cambios reductora de velocidad auto-bloqueante. La reducción de velocidad permite realizar pequeños cambios de ángulo multiplicando el torque de salida del motor, esto implica menor corriente y menor tamaño del motor, y la función de auto-bloqueo permite realizar movimientos cada cierto tiempo y desconectar la alimentación del motor durante tiempos muertos, lo que incrementa el rendimiento del sistema móvil y mantiene el consumo mínimo de energía.

El sistema de control del dispositivo seguidor solar puede ser usado con rotación en dos ejes, en este caso, para seguir el ángulo azimuth se usa un eje de giro vertical rodante motorizado con caja de cambios auto-bloqueante, o un eje vertical rodante con ruedas motorizadas apoyadas a una pista de rodadura.

Así mismo, realiza una rutina de limpieza automática de los paneles, aprovechando el agua-lluvia e incorpora sensor de viento para protección del sistema ante niveles altos de viento y/o tempestades.

Descripción de las figuras

El sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza automática de paneles solares está compuesto por un procesador (1) que contiene un algoritmo matemático que permite seguir la trayectoria del sol (2) y un algoritmo de limpieza automática de paneles solares (3). El procesador (1) se conecta a través de interfaz de comunicación (4) a sensores para obtener posición geográfica, fecha, hora, inclinación e información meteorológica, necesaria para la ejecución de los algoritmos.

La posición geográfica se obtiene desde un GPS (5), fecha y hora desde un reloj de tiempo real (6), un servidor de tiempo en la red NTP (7) o un GPS (5) según la

disponibilidad, los ángulos de inclinación se obtienen a partir de la combinación de información del sensor acelerómetro (8), sensor giroscopio (9) y sensor magnetómetro (10) y la información meteorológica a partir de sensor de lluvia (11), sensor de viento (12) y sensor de radiación solar (13).

Los datos de fecha y hora son obtenidos a partir del sensor con mayor disponibilidad y calidad debido a que por condiciones atmosféricas o de ubicación, según sea el caso, no se tendrá buen acceso con el servidor de tiempo NTP (7) o el GPS (5). El reloj de tiempo real (6) estará siempre como respaldo del servidor NTP (7) o el GPS (5).

De manera ventajosa el reloj de tiempo real (6) siempre mantiene energía disponible por su batería recargable (14), la cual se recarga con una celda fotovoltaica (13) usando radiación directa o difusa del sol, disminuyendo adicionalmente el recambio de la batería (14) y contribuyendo a la disminución del mantenimiento del sistema de seguimiento solar. De manera preferida la celda fotovoltaica (13) también es usada como sensor de radiación solar.

El ángulo de inclinación en el eje elevación del panel solar (15) y el ángulo de inclinación del eje azimuth del panel solar (16) son obtenidos a partir de la combinación de la medición de sensores acelerómetro (8), giroscopio (9) y magnetómetro (10). De manera ventajosa, el magnetómetro (10) permite que los ángulos medidos estén referenciados con respecto a los puntos cardinales terrestres, permitiendo que la instalación del sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza automática de paneles solares sea simple y el riesgo de error humano asociado a la calibración de los puntos cardinales terrestres se minimice al máximo.

El sensor de viento (12) se usa con el fin de que el algoritmo de seguimiento solar (3) evite comprometer la soportabilidad mecánica de la estructura solar en uno (17) o dos ejes (18) ante ángulos incrementen los esfuerzos cuando hay vientos elevados, o fenómenos meteorológicos inesperados. Si el sistema de seguimiento solar y limpieza automática de paneles solares es en un solo eje (17), este seguirá el ángulo de elevación (19) o el ángulo azimuth del sol (20), así mismo, si es en dos ejes (18) se seguirán el ángulo de elevación del sol (19) y el ángulo azimuth del sol (20).

El algoritmo seguidor solar (2) consiste en un cálculo matemático de la posición del sol en términos del ángulo de elevación (19) y el ángulo azimuth del sol (20), el cual se realiza teniendo en cuenta la posición geográfica, fecha y hora dónde se encuentran los paneles solares; este cálculo matemático, tiene una precisión mayor de 0.1 grados, además, es de operaciones simples lo que lo hace

computacionalmente eficiente. Los ángulos de elevación (19) y azimut del sol (20) son tomados como punto de ajuste de un sistema de control de lazo cerrado, y las variables controladas por el sistema de control de lazo cerrado son los ángulos medidos de inclinación del eje de elevación del panel solar (15) y el eje azimut del panel solar (16). El sistema de control es de lazo cerrado se encarga de comparar el ángulo de elevación (19) y el ángulo azimut (20) del sol con respecto a los ángulos de inclinación del eje de elevación del panel solar (15) y el eje azimut del panel solar (16), es decir, la señal de salida del algoritmo seguidor solar (2) corresponde a la salida de control tomando como señal de referencia los ángulos de elevación y azimut del sol y como variable a controlar los ángulos medidos de inclinación del eje de elevación del panel solar (15) y el eje azimut del panel solar (16) por lo que los paneles solares siempre se mantendrán perpendiculares a la posición del sol para el máximo aprovechamiento de la energía. Se agregan restricciones en la salida del controlador asociadas al sensor de viento (12), de lluvia (11) y de radiación solar (13). Esta señal de salida conecta con el controlador o controladores de motor (21) que, a su vez, controlan la posición angular de cada motor (22) para cada eje de rotación (15) y (16). De manera preferida, cada motor (22) está acoplado mecánicamente a una transmisión auto bloqueante (23), la cual permite que el sistema de seguimiento solar y limpieza automática de paneles solares pueda ser des-energizado y la posición se mantenga, sin necesidad de usar energía, lo que hace que sea eficiente en el uso de energía.

El algoritmo de limpieza automática de paneles solares (3) funciona mediante el uso de la energía eólica, la gravedad, las corrientes de agua de la lluvia y la rotación de la estructura. Al algoritmo de limpieza automática (3) se le ingresa información de sensores de los ángulos de inclinación en el eje de elevación del panel solar (15) y el eje azimut del panel solar (16), los cuales son obtenidos a partir de la combinación de la medición de sensores acelerómetro (8), giroscopio (9) y magnetómetro (10). Además, se mide el potencial de uso de las corrientes de agua de la lluvia con un sensor de lluvia (11) y el del viento, con un sensor de viento (12) de esta forma el algoritmo de limpieza automática (3), realiza movimientos en los ángulos de inclinación del panel solar (15) y (16) de manera ventajosa, en un eje (17) o dos ejes (18), permitiendo el uso de los recursos naturales para facilitar la limpieza de los paneles solares cada cierto tiempo, el cual depende de las condiciones meteorológicas de la zona de implementación del campo solar.

Se incorpora una estructura rotativa en uno (17) o dos ejes (18). Para seguir la altitud del sol, la estructura tiene un eje de giro horizontal rodante (15), paralelo a la superficie terrestre, acoplado a un motor (22) con caja de cambios reductora auto-bloqueante (23), y para seguir el ángulo azimut del sol, incorpora un eje de giro vertical rodante (16) motorizado con reducción auto-bloqueante (23), o un eje

vertical rodante (16) con ruedas motorizadas apoyadas a una pista de rodadura. Los motores (22) que permiten la rotación en uno (17) o dos ejes (18) podrán alimentarse por corriente directa (DC) o alterna (AC) y la posición será controlada por los algoritmos de seguimiento de la trayectoria del sol (2) y de limpieza automática (3) a través de uno o varios controladores de motor (21) comunicados por la interfaz de comunicación (4) del procesador (1).

Con el fin de facilitar el uso del sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza automática de paneles solares, se permite la visualización de variables y alarmas históricas en tiempo real y para realizar la calibración y configuración se tiene una interfaz de usuario (24) con pantalla y botones en el dispositivo para quién haga la instalación. Además, también se tiene una interfaz de usuario remota la cual se comunica por medio de Wifi, ethernet o radiofrecuencia con protocolo de comunicación IEEE 802.15.4 [2] en sitios de difícil acceso dónde no exista conexión a internet o cercanía con algún punto de acceso para para conexión de área local (LAN) (25) con ethernet. De manera ventajosa, el sistema de radiofrecuencia basado en el protocolo de comunicación IEEE 802.15.4 (26) permite enviar y recibir datos de forma remota con un bajo costo y bajo consumo de energía para optimizar el rendimiento del sistema. En caso de que algún sistema de comunicación no funcione en algún momento dado, esté fallando o no sea posible implementar, el sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza automática de paneles solares tiene una memoria SD (27) conectada al procesador (1) dónde se almacenan toda la información de sensores, alarmas y configuración como respaldo local de información.

La calibración del sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza automática de paneles solares es muy importante para obtener un rendimiento máximo y no necesita de hardware adicional o una rutina compleja, consiste en encontrar los puntos de neutro y constantes de escala para los sensores acelerómetro (8) y el sensor magnetómetro (10).

Las dos calibraciones consisten en girar el circuito electrónico (28) en diferentes posiciones en cada uno de los ejes de rotación de forma que el algoritmo automático de calibración pueda encontrar los valores máximos y mínimos en cada eje para ajustar los ángulos medidos. Para evitar errores de vibración, los movimientos de la calibración del acelerómetro deben ser lentos como si se tratara del movimiento de un objeto pesado durante alrededor de 45 segundos. Esta rutina podrá realizarse antes de la instalación con el circuito electrónico de control conectado a los sensores

acelerómetro (8), giroscopio (9) y magnetómetro (10) y la fuente de alimentación de energía conectada.

Luego de realizar la calibración del sensor acelerómetro se procede a realizar el mismo procedimiento para calibración del magnetómetro (11), que a diferencia de la calibración del sensor acelerómetro (9), deberá realizarse con la carcasa puesta y en lo posible en el punto de instalación. Si pasan cables con circulación de corrientes cerca a la ubicación dónde estará ubicado el sensor magnetómetro es importante realizar el procedimiento con los cables conectados para evitar posibles distorsiones de los puntos cardinales debido a campos magnéticos cercanos influyentes.

Para el sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza automática de paneles solares con rotación automática en un solo eje (17), la interfaz de usuario indica al usuario la posición óptima de fijación manual de la estructura en el eje azimut, lo que permite aprovechar al máximo la radiación solar. Para estructura en dos ejes (18), el sistema encuentra automáticamente la posición óptima sin necesidad de alguna intervención manual de usuario. Por medio de la interfaz de usuario es posible fijar los dos ejes en alguna posición deseada evitando el movimiento automatizado.

REIVINDICACIONES

- 1.** Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, caracterizado porque permite que el ángulo de la superficie de paneles solares térmicos o fotovoltaicos, siempre se mantenga perpendicular con respecto a los rayos del sol y porque realiza rutina de rotación para mantener limpia la superficie del panel. Está compuesto por un microprocesador/controlador al que llega información meteorológica, posición, fecha, hora, ángulos de inclinación referenciados a los puntos cardinales terrestres; conectado electrónicamente a una o más unidades controladoras de motor que giran para realizar rotación de la estructura de uno o dos ejes.
- 2.** Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de la reivindicación (1), caracterizado porque incorpora una combinación de sensores acelerómetro, giroscopio y magnetómetro para encontrar los ángulos de inclinación del panel solar referenciados con respecto a los puntos cardinales terrestres.
- 3.** Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incorpora una estructura rotativa en uno o dos ejes. Para seguir la altitud del sol, la estructura tiene un eje de giro horizontal rodante, paralelo a la superficie terrestre, acoplado a un motor con caja de cambios reductora auto-bloqueante, y para seguir el ángulo azimut, incorpora un eje de giro vertical rodante motorizado con reducción auto-bloqueante, o un eje vertical rodante con ruedas motorizadas apoyadas a una pista de rodadura. Además de

seguir el ángulo altitud y azimut del sol durante las horas de radiación, la estructura rotativa en uno o dos ejes permite realizar movimientos en horas nocturnas o de lluvia.

4. Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incorpora sistema de posicionamiento global (GPS), receptor de datos vía servidor NTP y reloj de tiempo real con batería recargable solar, para proveer información al procesador de la latitud, longitud, fecha y hora del sistema.
5. Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la posición óptima de los paneles solares, de acuerdo al ángulo azimut y altitud del sol, se calculan con algoritmo matemático astronómico al que se le ingresa los datos de GPS, el reloj solar de tiempo real o NTP según disponibilidad. El algoritmo contiene un controlador proporcional-integral que compara la posición óptima con la posición real.
6. Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incorpora algoritmo de limpieza automática de paneles solares mediante el uso de la energía eólica, la gravedad, las corrientes de agua de la lluvia y la rotación de la estructura móvil. El algoritmo lee información de sensor de viento, de lluvia, ángulos de inclinación, fecha y hora para ejecutar rutina de limpieza con la rotación de los paneles.
7. Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

caracterizado porque incorpora una celda fotovoltaica que funciona con radiación difusa o directa del sol para cargar la batería del reloj de tiempo real.

- 8.** Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incorpora puerto de memoria micro SD para guardar datos de forma local y antena transceptora de radiofrecuencia con protocolo de comunicación IEEE 802.15.4 [2] para envío de datos remotos en caso de dificultad de acceso a internet, y para integración con redes de sensores inalámbricos.
- 9.** Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque permite que el ángulo de la superficie de paneles solares térmicos o fotovoltaicos, siempre se mantenga perpendicular con respecto a los rayos del sol y porque además realiza rutina de rotación que mantiene limpia la superficie del panel. Este incorpora método de calibración que consiste en girar el circuito electrónico 360°, es decir, una vuelta completa, en cada uno de los ejes de rotación de forma que el algoritmo automático de calibración pueda encontrar los valores máximos y mínimos en cada eje para ajustar los ángulos medidos.
- 10.** Sistema automático para seguimiento de la trayectoria del sol y limpieza de paneles solares, de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque incorpora interfaz de usuario que durante la instalación de sistemas de rotación en un solo eje, indica al usuario la dirección óptima para fijar manualmente el ángulo azimut del arreglo de paneles solares.

Además, permite visualizar configuración y datos de funcionamiento o alarmas del sistema de forma local en el lugar de instalación del sistema. Si la estructura es de dos ejes, ésta encontrará la posición y dirección óptima sin intervención manual.

REFERENCIAS

- [1] G. He, C. Zhou, and Z. Li, "Review of self-cleaning method for solar cell array," *Procedia Eng.*, vol. 16, pp. 640–645, 2011.
- [2] IEEE Computer Society, *802.15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs)*, vol. 2011, no. September. 2011.