

DISPOSITIVO ELECTRONICO PARA LA AUTOMATIZACION Y CONTROL DEL SEGUIMIENTO SOLAR, PARA COLECTORES SOLARES EN APLICACIONES TERMICAS Y ELECTRICAS

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

5 La presente invención se refiere a un dispositivo electrónico para la automatización y control del seguimiento solar por ejemplo colectores solares en aplicaciones térmicas y eléctricas, el cual está compuesto por un circuito de control, circuito de potencia, sensores de: radiación, posición y límite, fuente de alimentación y una carcasa para la protección contra las condiciones ambientales. El microcontrolador del circuito de control contiene un algoritmo, que permite un posicionamiento mediante sensores fotoeléctricos y ecuaciones astronómicas, en uno y dos ejes. El algoritmo de posicionamiento a lazo cerrado (sensores) calcula el porcentaje de histéresis de acuerdo a la cantidad de radiación disponible, para reducir el error de enfoque que producen los algoritmos convencionales de lógica booleana. La invención se prueba en colectores solares, no siendo limitativo su aplicación como para implementarse en colectores solares con concentración (como Cilindro Parabólico, Disco Parabólico, Fresnel, entre otros) y arreglos fotovoltaicos con y sin concentración, por lo tanto considero que pertenece a las patentes de tipo electrónico.

20

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

En las diversas técnicas de control electrónico empleadas para seguimiento solar destacan los sistemas de lazo abierto y lazo cerrado, Lee et al. (2009). Los sistemas de lazo abierto no comparan la variable de control con una de referencia, es decir, el controlador se basa en un modelo matemático que calcula la posición mediante un algoritmo para asociarlo con ángulos de posicionamiento de un concentrador o reflector para realizar el posicionamiento deseado. Los sistemas de lazo cerrado se basan en sistemas de control realimentado, que por medio de sensores, el controlador puede leer la variable que depende el control, en este caso variables climáticas y radiación solar.

30 Uno de los primeros trabajos en sistemas de seguimiento lo presentó McFee (1975), donde posiciona helióstatos para concentrar los rayos solares en un receptor central, para realizar el movimiento del arreglo de espejos, el algoritmo calcula la

distribución de la potencia y el flujo de calor del receptor. Cuatro años más tarde se realiza la patente por Neale (1979), que consiste en un sistema de seguimiento para un arreglo de colectores tipo cilindro parabólico, el control electrónico se diseñó mediante sensores fotoeléctricos y circuitos electrónicos. Dos años más tarde se publica el trabajo de David et al. (1981), donde el alineamiento de espejos de un concentrador fresnel reflectivo tipo lineal, para irradiar a un sistema fotovoltaico, el sistema de control se realiza en base a fotoresistencias y amplificadores operacionales, además se incluye un puente H como etapa de potencia para darle movimiento al actuador. Gerwin (1985), patenta un sistema de posicionamiento para helióstatos, los cuales realizan el seguimiento en un punto de concentración llamado Cabeza de Seguimiento (TrackHead), esto asociándolo con los ángulos azimutal y altura solar para el movimiento de los reflectores.

Akhmedyarov (1986), utilizó un sistema de seguimiento en lazo cerrado para incrementar la potencia en una estación fotoeléctrica. En el mismo año, otra patente de un método para posicionar helióstatos fue realizada por Stone (1986), que por medio de una computadora y un radiómetro calcula el error de desenfoque en una torre central para obtener la posición de los Helióstatos y corregirla. Comenzando los años 90's se desarrolló SolarTrak por Maish (1990), para brindar un seguimiento solar a bajo costo en uno y dos ejes, el cual contenía un algoritmo capaz de autoajustar la hora y la latitud. Algunos años más tarde Brown y Stone (1993), aplican redes neuronales en un sistema de seguimiento para concentradores solares, donde se logró un error máximo de 0.01 grados.

Kalogirou (1996), desarrolló un sistema de seguimiento en un eje para un cilindro parabólico, donde utiliza 3 fotoresistencias, las primeras dos son utilizadas para la determinación nublados y diferenciar de día o noche, la restante para determinar el enfoque del sistema de seguimiento. Dos años más tarde Khalifa y Al-Mutawalli (1998), estudiaron el efecto de un seguimiento solar en dos ejes para un Cilindro Parabólico Compuesto (CPC), el circuito electrónico para el seguimiento en un eje consta de un par de fototransistores separados por una pared, la operación del seguimiento parte de la diferencia de voltajes brindados por los sensores que se amplifican para enviarlos al controlador del motor, el colector se mueve hasta obtener un diferencial de potencial cero, para dar seguimiento en dos ejes se utilizan dos circuitos electrónicos en paralelo del antes mencionado, uno para cada eje, en el

estudio se concluyó que el seguimiento en dos ejes para un CPC con respecto a uno fijo, el resultado obtenido fue de un incremento de la energía en un 75 %.

Yousef (1999), realizó el diseño y la implementación de un sistema de seguimiento solar a lazo cerrado mediante sensores, donde las señales de estos pasan por un sistema de adquisición de datos para enviarse a una computadora y tomar la decisión mediante un algoritmo basado en lógica difusa, concluyendo que este tipo de control es una buena opción para realizar el seguimiento a la fuente de luz. Dos años más tarde Blanco-Muriel et al. (2001), presentan un algoritmo simple y exacto con un error de 0.008 grados, para utilizarlo en sistemas basados en microprocesadores y seguir manteniendo un costo bajo de construcción, exactitud en el cálculo de la posición solar y al mismo tiempo una buena eficiencia computacional. En el mismo año Nuwayhid et al. (2001), elaboro un sistema de seguimiento solar a lazo abierto en dos ejes para un concentrador parabólico, y utilizarlo como una herramienta educativa de bajo costo.

Falbel et al. (2002), presento un circuito de seguimiento solar para posicionar un sistema fotovoltaico mediante sensores, que obtienen la posición del sol a través de una diferencia de señales ocasionada por la geometría de dichos sensores, que pueden obtener la posición del sol con una exactitud del 0.05 grados. Al siguiente año se presenta un sistema híbrido, que consiste en una combinación de un sistema lazo cerrado y lazo abierto, con el que se da seguimiento para un concentrador parabólico utilizado en la generación de energía eléctrica mediante un motor Stirling, Lagunas et al. (2003). Al mismo tiempo trabajó en el proyecto de posicionamiento solar por medio de ecuaciones, para un cilindro parabólico con el propósito de obtener calor de proceso, Lagunas et al. (2003).

Abdallah (2004) realiza un estudio en 4 tipos de seguimiento solar con arreglos fotovoltaicos para 2 ejes, un eje vertical, un eje este-oeste y un eje norte sur, obteniendo un incremento en potencia eléctrica con respecto a uno fijo, de hasta 43.9 %, 34.4 %, 15.7% y 37.5 %. En el mismo año Abdallah y Nijmeh (2004), diseñaron y construyeron una estructura electromecánica y un sistema de seguimiento solar, programando un algoritmo de lazo abierto en un controlador lógico programable (PLC), los resultados arrojaron que la superficie con seguimiento en dos ejes captó 41.3% más que la superficie fija. Aiuchi et al. (2004), presento un sistema de seguimiento a lazo cerrado con 2 fotoceldas, cada una en el extremo de

una caja con una apertura en el centro, al entrar la radiación por dicha apertura ilumina los foto-sensores produciendo una señal proporcional al área iluminada, donde el reflector se mueve para mantener las fotoceldas con la misma magnitud de radiación. En el mismo año Al-Mohamad (2004), diseñó un seguimiento solar controlado por la radiación solar, para mover un módulo fotovoltaico incrementando su energía diaria un 20% con respecto a un módulo fijo. El sistema permite la interconexión con una computadora para realizar monitoreo y adquisición de datos. También Berenguel et al. (2004), desarrollan la simplificación del posicionamiento de helióstatos usando técnicas de visión artificial, para concentrar la radiación solar en un receptor volumétrico. Reda y Andreas (2004), describen el procedimiento paso por paso para implementar un algoritmo de posicionamiento solar, donde se puede calcular el ángulo cenital y azimutal con una incertidumbre de 0.0003.

Un sistema de seguimiento solar en 2 ejes a lazo cerrado con un servo sistema y 4 fotosensores divididos en cuadrantes, fue desarrollado y construido por Roth et al. (2004), para realizar mediciones de radiación solar con un pirheliómetro. Alata et al. (2005), presenta tres simulaciones de seguimientos solares basados en lógica difusa, donde el modelo y control fue a través de un sistema Sugeno de primer orden, se diseñó un sistema de control de lazo abierto para cada uno, las reglas difusas fueron sintonizadas con un sistema de inferencia neuro-difuso (ANFIS). En el mismo año Hoyos et al. (2005), llevan a cabo el diseño y construcción de otro sistema de seguimiento basado en lógica difusa, a diferencia del trabajo de Alata et al. (2005), este es en lazo cerrado por medio de fotoresistencias. Karimov et al. (2005), describen el diseño de un sistema de seguimiento fotovoltaico simple, las celdas fotovoltaicas están acomodadas en una especie de triángulo para ser utilizadas como sensores que funcionan a lazo cerrado, resulta innovador al utilizar la cantidad de energía captada por el arreglo fotovoltaico como sensores y con esto realizar el enfoque. Al siguiente año Chen et al. (2006), presento un fotosensor digital de gran exactitud, los resultados arrojaron que tiene 0.02 grados de error. Arasu y Sornakumar (2007), desarrollaron un controlador electrónico embebido para dar seguimiento solar automático a un cilindro parabólico utilizado para el calentamiento de agua. La posición del sol puede obtenerse mediante fotoresistencias con una exactitud del 0.1 grados. En Mexicali, Castro et al. (2007), diseñaron un sistema de seguimiento barato y sencillo en 1 eje, utilizando foto-transistores como sensores para cerrar el lazo de control, el diseño electrónico soló

consta de circuitos operacionales y algunos integrados con lo que se logró el aumento de captación de energía hasta en un 29% con respecto a un sistema fotovoltaico fijo. Chen y Feng (2007), presentaron otro sensor que a diferencia de su trabajo anterior en el 2006, este es analógico basado en el principio de medición de ángulos, con el cual se alcanza una exactitud de 0.2 grados. Khlaichom y Sonthipermpon (2007), presentaron la primera optimización con algoritmos genéticos para un sistema de seguimiento solar, el sistema de control de lazo abierto calcula los ángulos del sol para realizar su posicionamiento, pero debido a las inexactitudes de la estructura mecánica se decidió incrementar la exactitud del posicionamiento con un ajuste fino mediante los algoritmos genéticos. En el mismo año se desarrolló un sistema de control para el seguimiento solar híbrido que presenta ventajas al no necesitar procedimientos especiales de instalación o calibración, con el que se da seguimiento en dos ejes a un bajo coste, los resultados arrojan que se obtuvo un 40% más de ganancia de energía con la estrategia propuesta que con la de lazo abierto, debido a las imperfecciones de la estructura, Rubio et al. (2007). Abdallah y Badran (2008), construyeron un sistema de seguimiento en un eje a lazo abierto con un PLC, con el objetivo de destilar agua, concluyendo que aumentó la producción de agua en un 22% con respecto a un sistema fijo.

20

Chiang et al. (2008) exploraron la relación entre los voltajes de salidas de celdas fotovoltaicas para determinar la posición del sol y la latitud, encontrando que es posible determinar dichas variables con fotoceldas inclinadas a 45 grados, con lo cual colaboran al desarrollo de un sistema de seguimiento en el desarrollo de tecnología. Al mismo tiempo otro nuevo algoritmo se desarrolla por Grena (2008), expresando que en la literatura se encuentran algoritmos de posicionamiento del sol desde 0.01 y otros muy complejos de hasta 0.0003 grados, sin embargo estos implican un alto tiempo de cálculo, por ello este autor toma en cuenta la precisión y el tiempo de cálculo y propone un algoritmo con error máximo de 0.0027 grados suficiente para aplicaciones de la ingeniería solar, y un costo computacional comparado con algoritmos rápidos. Arbab et al. (2009), publicaron un trabajo de un sistema electrónico de seguimiento solar, que resulta innovador al utilizar una computadora y una cámara para capturar la imagen de una barra que sombrea un plano cartesiano, equivalente a la dirección donde se encuentra el sol. En el mismo año nuevamente se publicó una fórmula general para el cálculo de la trayectoria

35

solar que puede ser aplicado en el seguimiento de receptores solares como módulos fotovoltaicos, concentradores fresnel y parabólicos, Chong et al. (2009); Chong y Wong (2009). Por último Sungur (2009), desarrolló un sistema de seguimiento de dos ejes en lazo abierto para aplicaciones en paneles fotovoltaicos en Turquía, cuando compararon los datos obtenidos se encontró que se obtuvo un 42.6% más de energía con seguimiento en dos ejes comparado con uno fijo.

Algunas otras invenciones sobre sistemas de control para el seguimiento solar han sido propuestas, ver patentes **No. US 4 146 785(1979), CU21319A1(1982), MX2008012646 A(2008), ES 1 069 879 U(2009), US 4 564 275(1986), EP 2 163 914 A2(2009), US 20100/0000518 A1(2010) y US 2010/0000518 A1(2010)**, pero ninguna con las características como la propuesta.

DESCRIPCION

Los detalles característicos del presente **SISTEMA DE CONTROL DE SEGUIMIENTO SOLAR** se muestran claramente en la siguiente descripción y en las figuras que se acompañan, siguiendo los mismos signos de referencia para indicar las partes y piezas mostradas.

Breve descripción de las figuras

20

La figura 1 es una vista en perspectiva del sistema de colección y conversión de energía cilindro parabólico, acoplado al mecanismo de seguimiento solar (en un eje).

La figura 2 es una vista lateral del sistema de colección y conversión de energía cilindro parabólico, acoplado al mecanismo de seguimiento solar (en un eje).

La figura 3 es una vista en perspectiva convencional acercada del extremo que muestra la parte motriz del mecanismo de seguimiento para un colector cilíndrico parabólico.

La figura 4 es una vista perspectiva del gancho que activa los interruptores de límite del sistema de seguimiento.

- La figura 5 es una vista lateral del sistema de colección y conversión de energía cilindro parabólico, con acercamiento al sensor de límite derecho.
- La figura 6 es una vista lateral del sistema de colección y conversión de energía cilindro parabólico, con acercamiento al sensor de límite izquierdo.
- 5 La figura 7 es una vista perspectiva del sensor de radiación utilizado en el sistema de seguimiento.
- La figura 8 es una vista lateral del sistema de colección y conversión de energía solar fotovoltaico, acoplado al mecanismo de seguimiento solar (en dos ejes).
- 10 La figura 9 es una vista en planta del sistema de colección y conversión de energía fotovoltaico, acoplado al mecanismo de seguimiento solar (en dos ejes).
- La figura 10 es un diagrama a bloques del circuito electrónico del sistema de control para el seguimiento solar, el cual mueve el motor del mecanismo de seguimiento solar del sistema de captación.
- 15 La figura 11 es un circuito esquemático de la fuente de voltaje que utiliza el sistema de control para el seguimiento solar.
- La figura 12 es un circuito esquemático para el control del motor, empleado en el sistema de control de seguimiento solar.

20

El sistema de seguimiento **40**, cuenta con la flexibilidad de operar en mecanismos de seguimiento solar en uno y dos ejes, por ello se muestra la conexión de la invención **40** para trabajar en un sistema de captación termosolar **2** y en un sistema solar fotovoltaico **29**, con seguimiento en un eje y dos ejes respectivamente.

25

En las figuras 1-6 se describe el sistema de captación y conversión de energía **2**, el cual se encuentra dentro del eje formado por baleros (no mostrados) que se encuentran en los extremos superiores de la estructura **5a** y **5b**. Al girar la polea **1** el sistema de captación y conversión de energía **2** también lo hace, con la capacidad de recorrer una distancia angular de 0 a 360 grados, el sistema de captación solar **2**

se acopla al mecanismo de seguimiento solar **4**, mediante la polea **1** y la polea **10** que se interconectan con el cable de acero **3**.

En la figura 3 se observa que el mecanismo de seguimiento solar **4** consiste del motor **13**, donde su rotor se acopla a la flecha **11** y sobre esta la polea inferior **10** que contiene ranuras para fijar el cable **3**, en la polea **10** se sujeta el inicio de la cable **10a** y fin del cable **10b** con giro opuesto, para que conforme se enrolla el inicio del cable **10a**, el fin del mismo **10b** se desenrolle, así al girar el motor **7**, gira la flecha **11** y la polea inferior **10** que a su vez hace girar la polea superior **3** y el sistema de colección y conversión de energía **4**.

En la estructura del sistema de captación solar **4**, se incorpora un sensor de radiación solar **6** y elementos de seguridad **8** del mecanismo de seguimiento solar. En la figura 7 se muestra como el sensor **6** se compone de un tubular **21** y una pieza con forma de semicírculo **14**, acopladas por un medio de sujeción en cada extremo **15**, que estas a su vez se sujetan del sistema de captación mediante la base metálica **17** con al menos un medio de sujeción **16**, el tubular **21** y la figura con forma de semicírculo **14** contienen el orificio **18a** y **18b** en cada lado, en donde se introduce un fototransistor detenido con al menos un medio de sujeción. El centro del barreno **19** coincide con la orilla **20** de la figura con forma de semicírculo **14**.

En la figura 5 y 6 se observan los elementos de seguridad **8**, que sirven para limitar la libertad de movimiento del mecanismo de seguimiento solar **4**, los interruptores se activan por medio del gancho **22** (ver figura 5) cuando el sistema de captación llega al final del recorrido de cualquier sentido.

En la figura 8 y 9 se describe el sistema de captación y conversión de energía solar fotovoltaico **29**, el cual se compone del poste **34** anclado al piso por al menos un medio de sujeción **35**, la estructura **30** se sostiene mediante el medio de sujeción **32**, **36** y el motor **31**, que a su vez se interconecta al poste **34** por medio del motor con transmisión de sinfín y corona **33**, la estructura **30** sostiene el arreglo fotovoltaico **37** y la base con sensores **38**. En la figura 9 se observa que en la base **38**, se encuentran montados con direcciones opuestas los sensores de radiación solar **21a** y **21b**, los cuales son del tipo sensor de radiación **6**, donde el sensor **21b** es para ubicar la posición del sol en el eje azimutal y el sensor **21a** para la altura solar.

El sistema de control para el seguimiento solar **40** se compone de un microcontrolador **50**, que se interconecta a la fuente alimentación **41**, al oscilador **46**, al conector de programación **47**, sensores **51**, a la etapa de potencia **53-54** y una interface de usuario compuesta por la pantalla **48** y el teclado **52**.

5 La fuente de alimentación **41**, se interconecta a la red mediante las terminales **60** y **61** para proveer de energía al transformador **62**, el devanado primario **63** y la derivación central **64** se conectan al puente de diodos **66**, con lo que el voltaje de línea entre las terminales **60** y **61** se reduce y rectifica. Las salida en vcd entre los nodos **78** y **43** se conectan en paralelo con los con los capacitores **68-69** y el regulador **71**, con lo que se obtiene el primer nivel de voltaje **77**, y este a su vez se conecta en paralelo con los capacitores **73-74** y el serie entre la resistencia **75** y el paralelo del regulador **76** y la resistencia **79**. La etapa de potencia requiere un nivel más elevado de corriente y voltaje, para ello se toma la diferencia de potencia entre las terminales del primer **63** y segundo **65** devanado del transformador **62**, las cuales se enlazan al puente de diodos **67**, para generar el diferencial de potencial en corriente directa entre los nodos **72** y **43**, que a su vez es filtrado por el capacitor en paralelo **70**.

10
15

La señal de reloj con la que el microcontrolador **50** trabaja, puede obtenerse del reloj interno, o bien en el caso de requerir más velocidad se utiliza el oscilador **46** que se conecta al microcontrolador, el cual controla su frecuencia mediante las resistencias **46a**, **46b** y el cristal **46e**.

20

Para programar y depurar el microcontrolador **50**, el circuito electrónico incluye el conector de programación **47**, conectado a las terminales de voltaje **42**, de tierra **43** y de programación **47a-47c** del microcontrolador **50**,

25 La interfaz de usuario se constituye del teclado **52** y la pantalla **48**, donde el teclado se conforma de un grupo de botones en paralelo **52a** conectados al microcontrolador por medio de los nodos **52a-52d**, cuando alguno de estos botones **52** es presionado, generan un cambio de señal lógica que el microcontrolador detecta para saber que botón ha sido manipulado. La pantalla **48**, se encarga de mostrar los datos que el microcontrolador **50** envía a la pantalla **48** a través del bus de datos **49**, la pantalla requiere el voltaje de alimentación **77** y su correspondiente tierra **43**.

30

En la figura **10** se muestra como el sistema de control **40**, cuenta con la capacidad de recibir cuatro sensores fotoeléctricos **6** y tres señales del sensor de posición **51f**, de los ejes 'x' 'y' y 'z'. La conexión electrónica del sensor de radiación **6** consta de un fototransistor **51a** y una resistencia de carga **51b**, donde el diferencial de potencia de la resistencia de carga **51b**, varía proporcionalmente a la radiación incidente sobre el fototransistor **51a**, este voltaje entre las terminales **51a** y **51b** se envía a la terminal **PTA0** del microcontrolador, de igual manera para los fototransistores **51c**, **51e**, **51g** y sus respectivas resistencias de carga **51d**, **51e** y **51g**. El sensor de posición utilizado en el sistema de control **40** emite una señal de voltaje proporcional por cada eje, según el ángulo correspondiente de los ejes 'x', 'y' y 'z', este sensor de posición se basa en un circuito integrado el cual contiene un acelerómetro, que se alimenta del voltaje **42** y la tierra **43**. Los voltajes proporcionales a cada ángulo emitidos por el integrado se realizan por las terminales 'x', 'y' y 'z', las cuales contienen un filtro pasivo, para disminuir el ruido que pudiese interferir con la señales de voltaje que se entregan a las terminales **PTF0**, **PTA1** Y **PTA3** del microcontrolador.

En la etapa de los sensores se cuenta con el interruptor **51m** que se conecta a tierra y al puerto **PTD0**, el cual sirve para activar el desenfoque del sistema de forma remota, este interruptor pudiese sustituirse por algún otro dispositivo que proporcione una señal lógica (como ejemplo, un microcontrolador).

En la figura 10 se muestra como el microcontrolador se interconecta a las etapas de potencia **53** y **55**, donde estas son del tipo **83**. Las terminales **PTH0**, **PTH1** y **PTB5** del microcontrolador **50** se interconectan a las terminales **E1**, **E2** y **E3** de la etapa de potencia **53** respectivamente, de la misma manera las terminales **PTE6**, **PTE5** y **PTB5** del microcontrolador **50**, se interconectan a las terminales **E1**, **E2** y **E3** de la etapa de potencia **54** respectivamente.

La etapa de potencia **83** se utiliza para manipular la activación del motor, la cual se alimenta del voltaje emitido por las terminales **72** y **43**, además de las señales de control **E1**, **E2** y **E3**, que después del procesamiento da como resultado entre las terminales **S1** Y **S2** el sentido del giro y velocidad del motor. Para validar que las entradas lógicas **E1** y **E2** contengan ambas un valor lógico de uno, se conectan a la compuerta lógica or exclusiva **86**, que a su vez la salida **91** se conecta a dos compuertas lógicas **87** y **93**, para multiplicar a las señales **E1** y **E2** que también se conectan a las compuertas lógicas **87** y **93** respectivamente. La resistencia **90** se

conecta a la salida de la compuerta **89** y su otro extremo al ánodo del fotodiodo del optoacoplador **97**, el cátodo del fotodiodo y el colector del transistor óptico del optoacoplador **97**, se van al nodo **43**. Un extremo de la resistencia **99** se conecta al voltaje de alimentación **72**, mientras que en el nodo **100** se conecta al colector del transistor óptico del optoacoplador **97** y a la puerta del transistor mosfet **101**, por otro la fuente del transistor **101** y el cátodo del diodo de protección **104** se conectan a la terminal de voltaje **72**. En el nodo **102** se unen el drenador del transistor **101 y 106**, el ánodo del diodo **104 y 107**, el cátodo del diodo **103** y un extremo de la resistencia **115**, el otro extremo del diodo de protección **103** y la fuente del transistor **106** se conectan al nodo **43**, junto con la resistencia conectada a la puerta del transistor **106**. Por último el otro extremo interruptor de límite **105** y el cátodo del diodo **107** se unen en la salida **S1** que va al motor.

La etapa de potencia se puede decir que la mitad de ella es un espejo de la otra, entonces de la misma manera La resistencia **95** se conecta a la salida de la compuerta **94** y su otro extremo al ánodo del fotodiodo del optoacoplador **98**, el cátodo del fotodiodo y el colector del transistor óptico del optoacoplador **98** se van al nodo **43**. Un extremo de la resistencia **119** se conecta al voltaje de alimentación **72**, mientras que en el nodo **120** se conecta al colector del transistor óptico del optoacoplador **98** y a la puerta del transistor mosfet **121**, por otro la fuente del transistor **121** y el cátodo del diodo de protección **113** se conectan a la terminal de voltaje **72**. En el nodo **122** se unen el drenador del transistor **121 y 116**, el ánodo del diodo **113 y 114**, el cátodo del diodo **123** y un extremo de la resistencia **109**, el otro extremo del diodo de protección **123** y la fuente del transistor **116** se conectan al nodo **43**, junto con la resistencia conectada a la puerta del transistor **116**. Por último el otro extremo interruptor de límite **112** y el cátodo del diodo **114** se unen a la otra salida **S2** que va al motor.

Para brindar seguimiento solar al sistema de colección solar termosolar cilindro parabólico **2** en un eje, el sistema de control **40** es conectado a su respectiva fuente de poder **41**, oscilador **46**, conexión de programación **47**, pantalla **78**, sensor de radiación **17**, sensor de posición **41**, control de desenfoque **51m**, teclado **42** y etapa de potencia **53**. En el sistema de colección solar cilindro parabólico **2**, los fototransistores **51a** y **51c** se sujetan a los orificios **18a** y **18b** del sensor de radiación **6**. Por otro lado el motor **13** se conecta a la etapa de potencia **53** mediante sus terminales de salida **S1** y **S2**.

Para brindar seguimiento al sistema de captación **29** solar fotovoltaico en dos ejes, el sistema de control **40** es conectado a su respectiva fuente de poder **41**, oscilador **46**, conexión de programación **47**, pantalla **78**, sensores de radiación **17**, sensor de posición **41**, control de desenfoque **51m**, teclado **42** y etapa de potencia **53**. En este caso se necesitan dos sensores de radiación del tipo **17**, donde los fototransistores **51a, 51c, 51e y 51g** se sujetan a los orificios **18a** y **18b** respectivamente de cada sensor de radiación **6**. Por otro lado el motor **31 y 33** se conectan a cada etapa de potencia **53 y 55** respectivamente, mediante sus terminales de salida **S1** y **S2**.

El sistema de control para el seguimiento solar recibe las señales de los fototransistores, los cuales se sombream a partir de la estructura y la posición relativa del sol, el sensor de radiación solar emite dos voltajes que son proporcionales al sombreado de cada fototransistor. El microcontrolador captura las señales analógicas del o los sensores de radiación y posición, donde el algoritmo determina y envía el giro del motor hacia la etapa de potencia. El sistema de control contiene algoritmos que permiten dar un seguimiento solar por medio de ecuaciones astronómicas que determinan la posición relativa del sol, por medio de sensores de radiación solar e híbrido.

REIVINDICACIONES

El sensor **6** se compone de un tubular **21** y una pieza con forma de semicírculo **14**, acopladas por un medio de sujeción en cada extremo **15**, que estas a su vez se sujetan del sistema de captación mediante la base metálica **17** con al menos un medio de sujeción **16**, el tubular **21** y la figura con forma de semicírculo **14** contienen el orificio **18a** y **18b** en cada lado, en donde se introduce un fototransistor detenido con al menos un medio de sujeción. El centro del barreno **19** coincide con la orilla **20** de la figura con forma de semicírculo **14**.

El sistema de control para el seguimiento solar **40** se compuesto de un microcontrolador **50**, que se interconecta a la fuente alimentación **41**, al oscilador **46**, al conector de programación **47**, sensores **51**, a la etapa de potencia **53-54** y una interface de usuario compuesta por la pantalla **48** y el teclado **52**.

La fuente de alimentación **41**, conectada a la red mediante las terminales **60** y **61** para proveer de energía al transformador **62**, el devanado primario **63** y la derivación

central **64** se conectan al puente de diodos **66**, con lo que el voltaje de línea entre las terminales **60** y **61** se reduce y rectifica. Las salida en vcd entre los nodos **78** y **43** se conectan en paralelo con los con los capacitores **68-69** y el regulador **71**, con lo que se obtiene el primer nivel de voltaje **77**, y este a su vez se conecta en paralelo con los capacitores **73-74** y el serie entre la resistencia **75** y el paralelo del regulador **76** y la resistencia **79**. La etapa de potencia requiere un nivel más elevado de corriente y voltaje, para ello se toma la diferencia de potencia entre las terminales del primer **63** y segundo **65** devanado del transformador **62**, las cuales se enlazan al puente de diodos **67**, para generar el diferencial de potencial en corriente directa entre los nodos **72** y **43**, que a su vez es filtrado por el capacitor en paralelo **70**.

La conexión electrónica del sensor de radiación **6**, que consta de un fototransistor **51a** y una resistencia de carga **51b**, donde el diferencial de potencia de la resistencia de carga **51b**, varia proporcionalmente a la radiación incidente sobre el fototransistor **51a**, este voltaje entre las terminales **51a** y **51b** se envía a la terminal **PTA0** del microcontrolador, de igual manera para los fototransistores **51c**, **51e**, **51g** y sus respectivas resistencias de carga **51d**, **51e** y **51g**. El sensor de posición utilizado en el sistema de control **40** emite una señal de voltaje proporcional por cada eje, según el ángulo correspondiente de los ejes 'x', 'y' y 'z', este sensor de posición se basa en un circuito integrado el cual contiene un acelerómetro, que se alimenta del voltaje **42** y la tierra **43**. Los voltajes proporcionales a cada ángulo emitidos por el integrado se realizan por las terminales 'x', 'y' y 'z', las cuales contienen un filtro pasivo, para disminuir el ruido que pudiese interferir con la señales de voltaje que se entregan a las terminales **PTF0**, **PTA1** Y **PTA3** del microcontrolador.

La etapa de potencia **83**, que se utiliza para manipular la activación del motor, la cual se alimenta del voltaje emitido por las terminales **72** y **43**, además de las señales de control **E1**, **E2** y **E3**, que después del procesamiento da como resultado entre las terminales **S1** Y **S2** el sentido del giro y velocidad del motor. Para validar que las entradas lógicas **E1** y **E2** contengan ambas un valor lógico de uno, se conectan a la compuerta lógica or exclusiva **86**, que a su vez la salida **91** se conecta a dos compuertas lógicas **87** y **93**, para multiplicar a las señales **E1** y **E2** que también se conectan a las compuertas lógicas **87** y **93** respectivamente. La resistencia **90** se conecta a la salida de la compuerta **89** y su otro extremo al ánodo del fotodiodo del optoacoplador **97**, el cátodo del fotodiodo y el colector del transistor óptico del optoacoplador **97**, se van al nodo **43**. Un extremo de la resistencia **99** se conecta al

voltaje de alimentación **72**, mientras que en el nodo **100** se conecta al colector del transistor óptico del optoacoplador **97** y a la puerta del transistor mosfet **101**, por otro la fuente del transistor **101** y el cátodo del diodo de protección **104** se conectan a la terminal de voltaje **72**. En el nodo **102** se unen el drenador del transistor **101 y 106**,
5 el ánodo del diodo **104 y 107**, el cátodo del diodo **103** y un extremo de la resistencia **115**, el otro extremo del diodo de protección **103** y la fuente del transistor **106** se conectan al nodo **43**, junto con la resistencia conectada a la puerta del transistor **106**. Por último el otro extremo interruptor de límite **105** y el cátodo del diodo **107** se unen en la salida **S1** que va al motor. La etapa de potencia se puede decir que la
10 mitad de ella es un espejo de la otra, entonces de la misma manera. La resistencia **95** se conecta a la salida de la compuerta **94** y su otro extremo al ánodo del fotodiodo del optoacoplador **98**, el cátodo del fotodiodo y el colector del transistor óptico del optoacoplador **98** se van al nodo **43**. Un extremo de la resistencia **119** se conecta al voltaje de alimentación **72**, mientras que en el nodo **120** se conecta al
15 colector del transistor óptico del optoacoplador **98** y a la puerta del transistor mosfet **121**, por otro la fuente del transistor **121** y el cátodo del diodo de protección **113** se conectan a la terminal de voltaje **72**. En el nodo **122** se unen el drenador del transistor **121 y 116**, el ánodo del diodo **113 y 114**, el cátodo del diodo **123** y un extremo de la resistencia **109**, el otro extremo del diodo de protección **123** y la fuente
20 del transistor **116** se conectan al nodo **43**, junto con la resistencia conectada a la puerta del transistor **116**. Por último el otro extremo interruptor de límite **112** y el cátodo del diodo **114** se unen a la otra salida **S2** que va al motor.

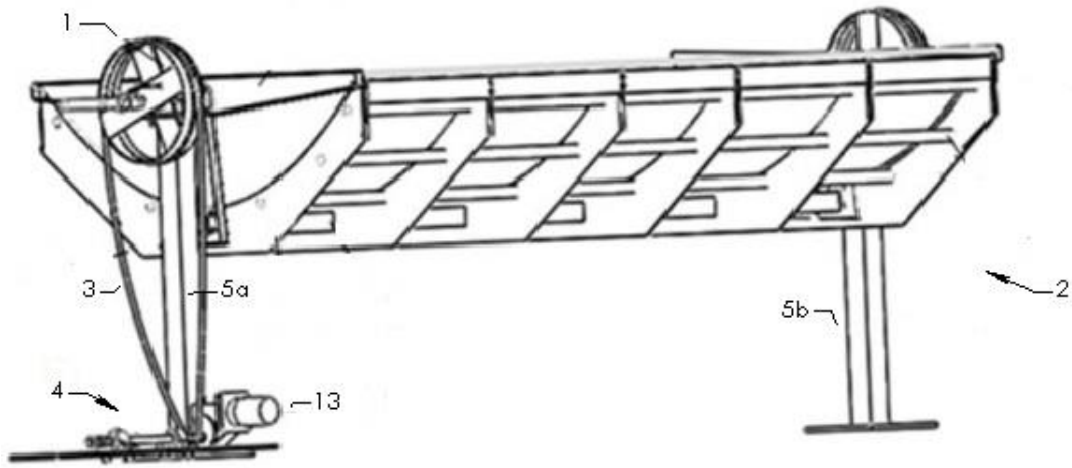


Fig 1.

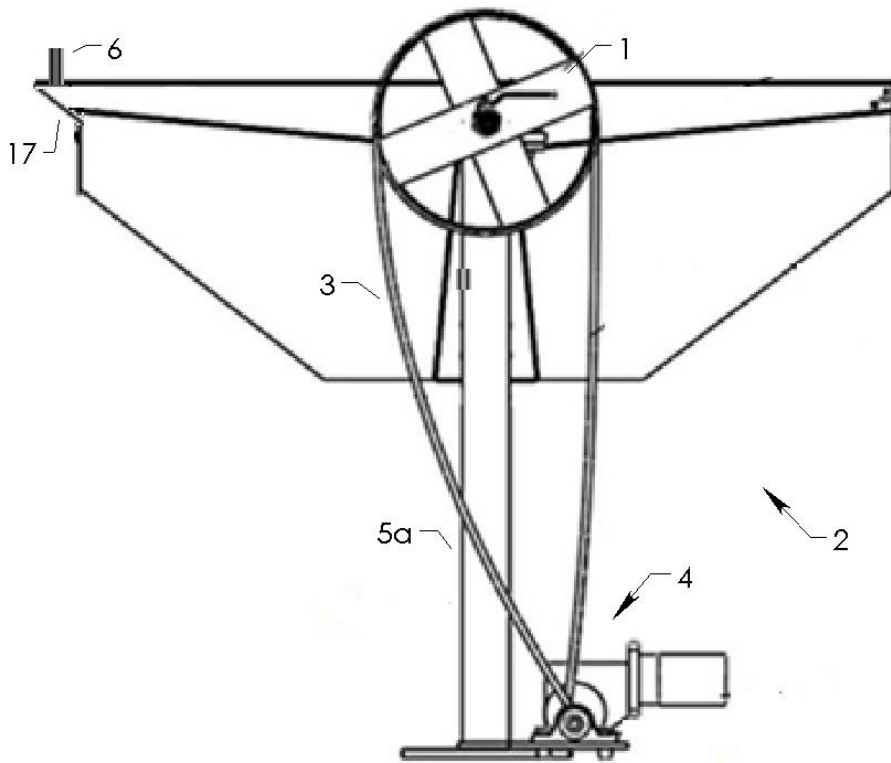
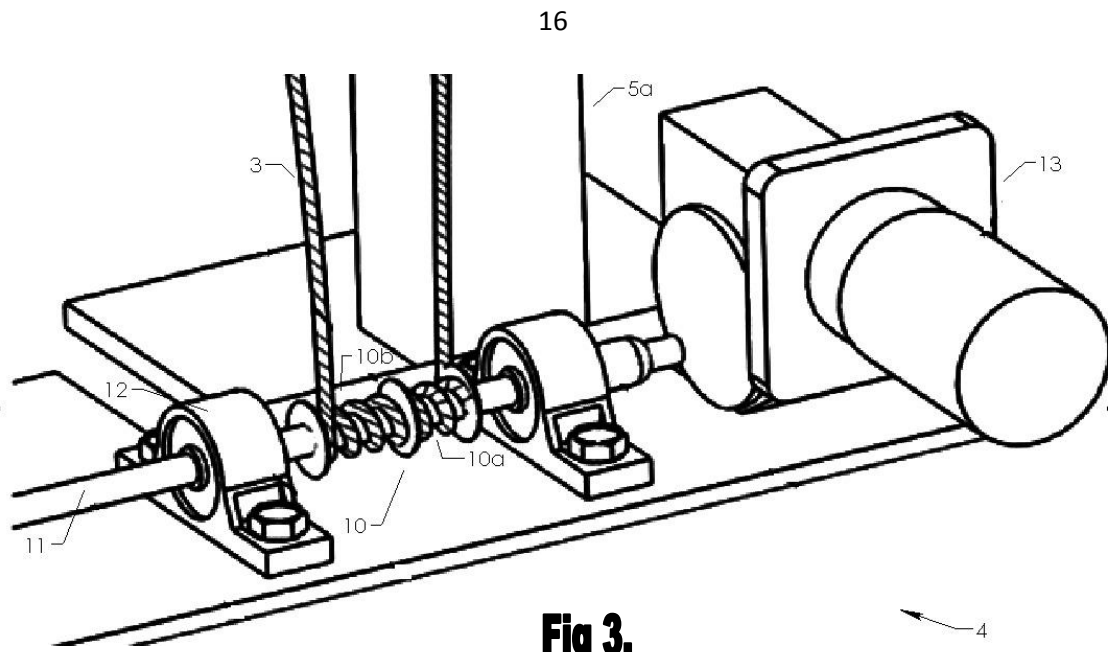
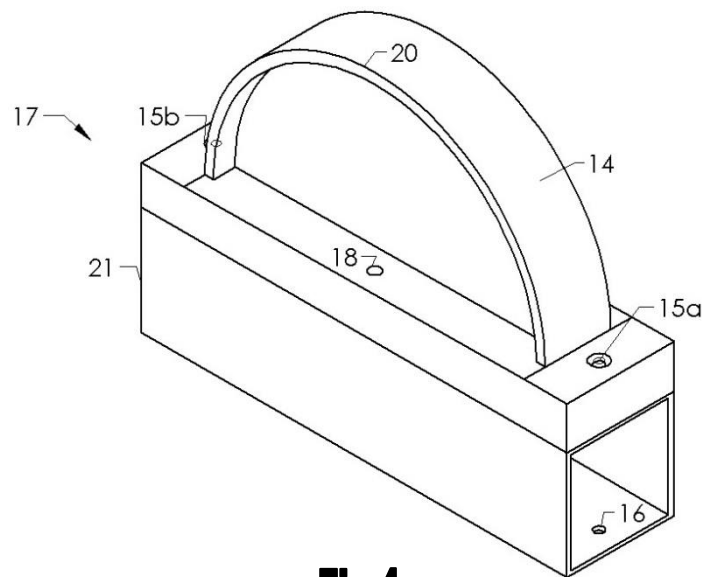


Fig 2.



5



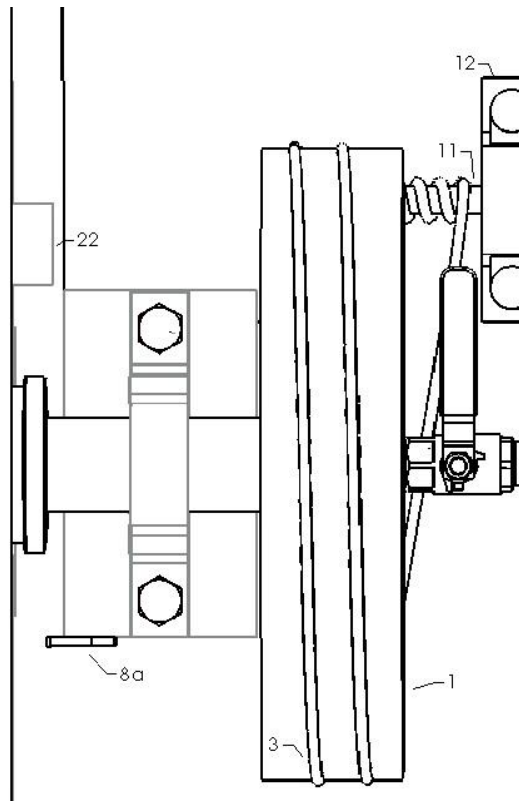


Fig 5.

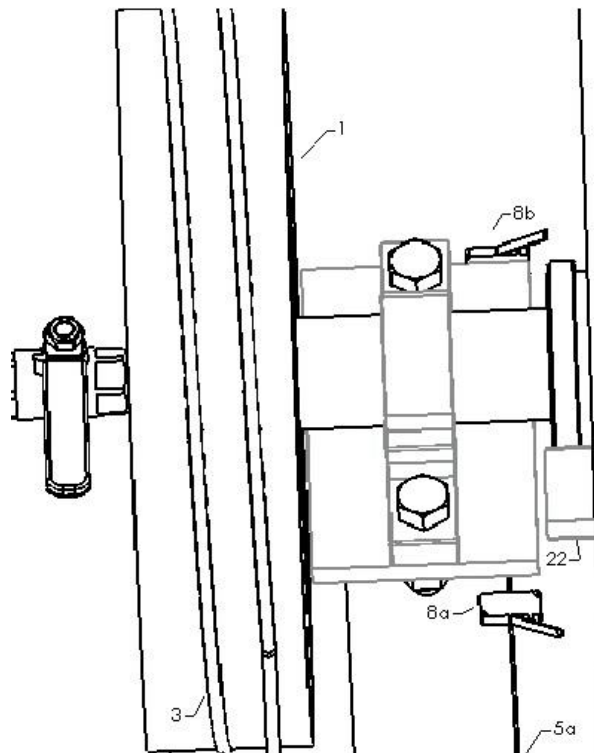


Fig 6.

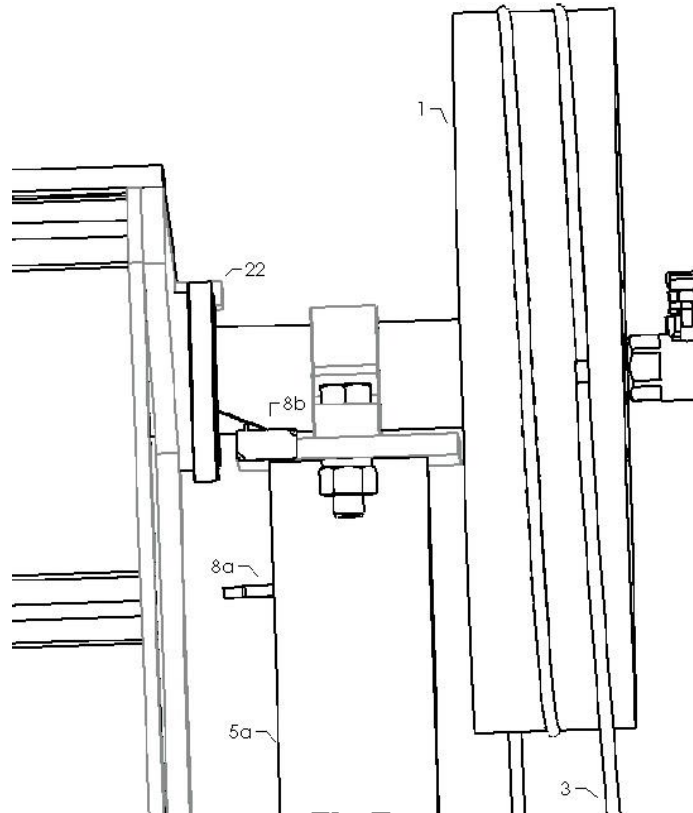


Fig 7.

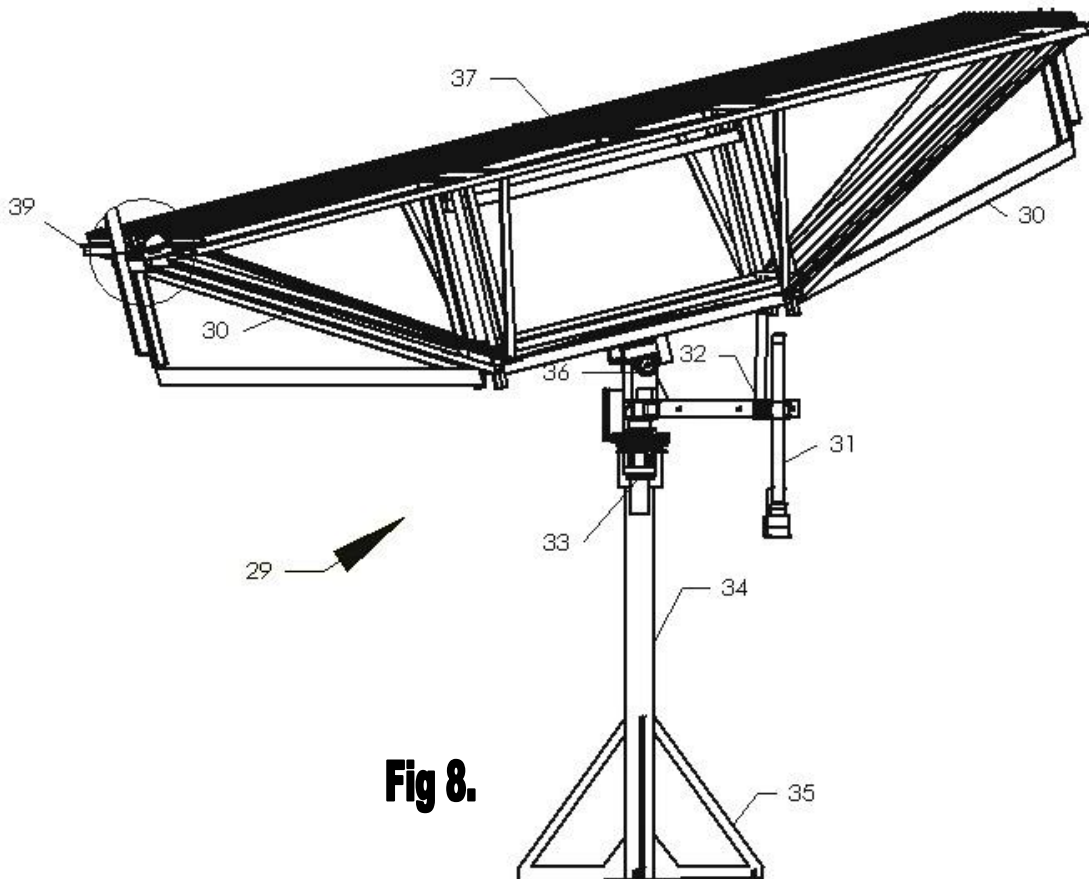


Fig 8.

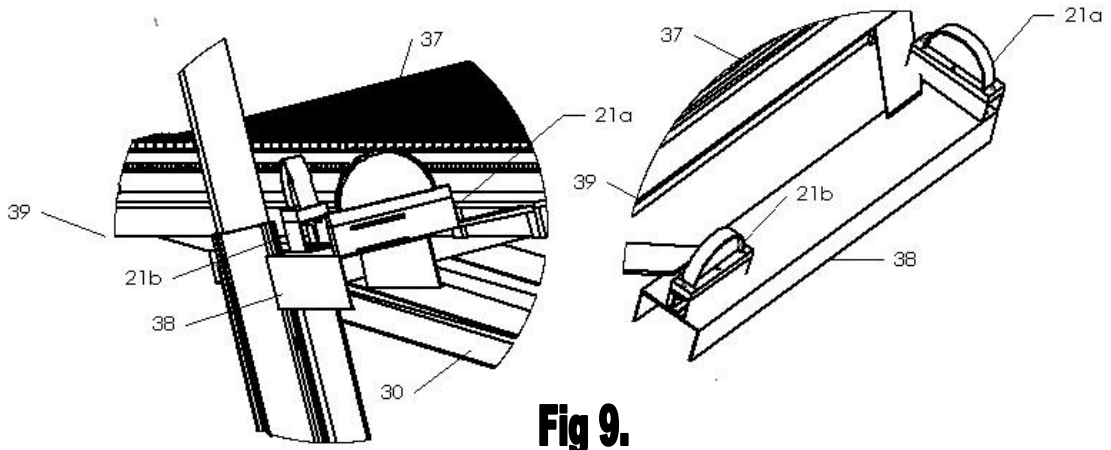


Fig 9.

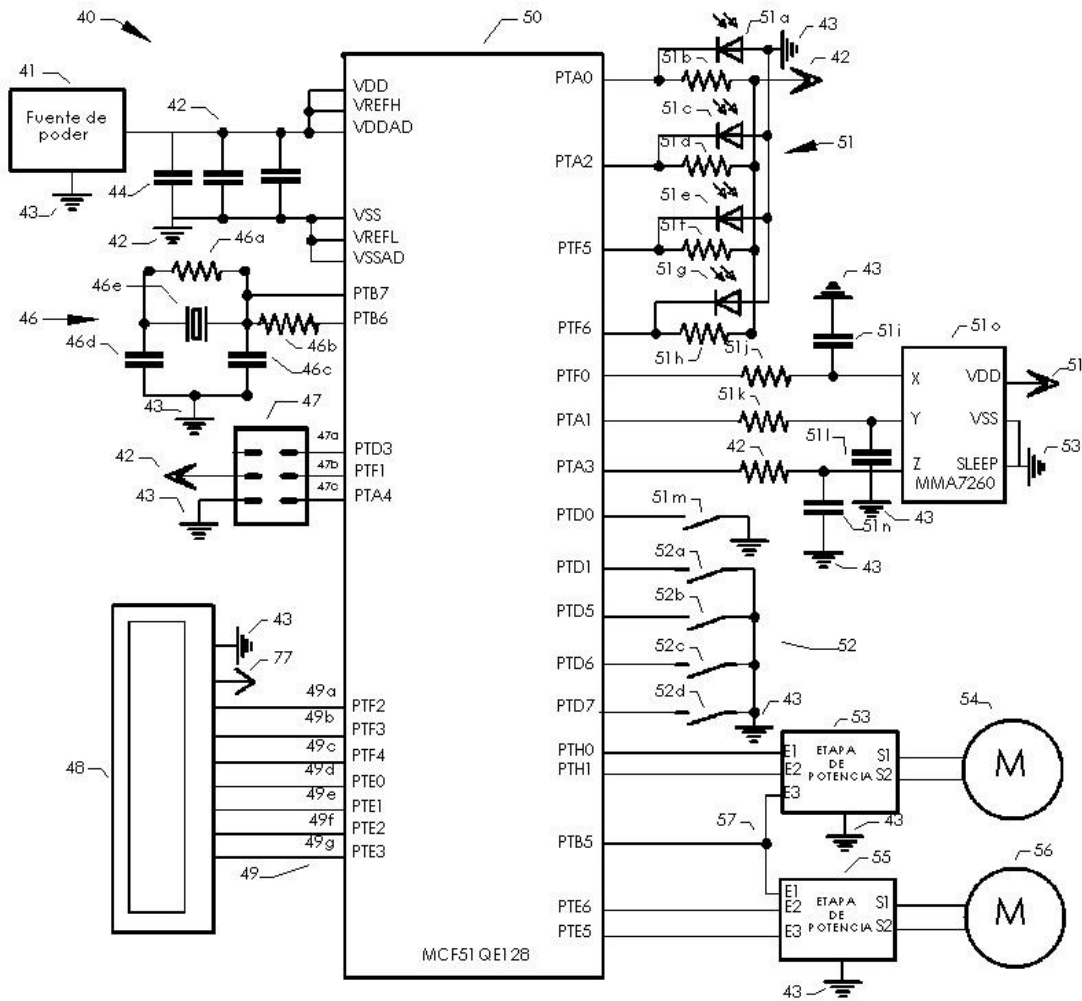


Fig 10.

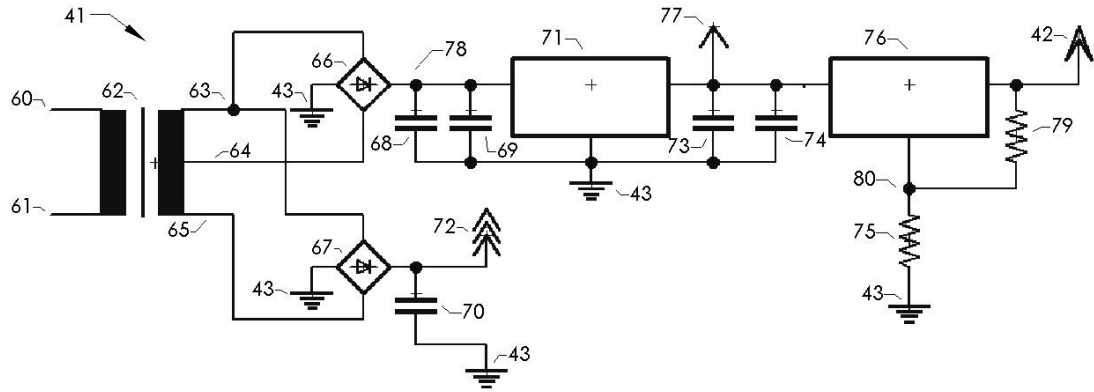


Fig 11.

5

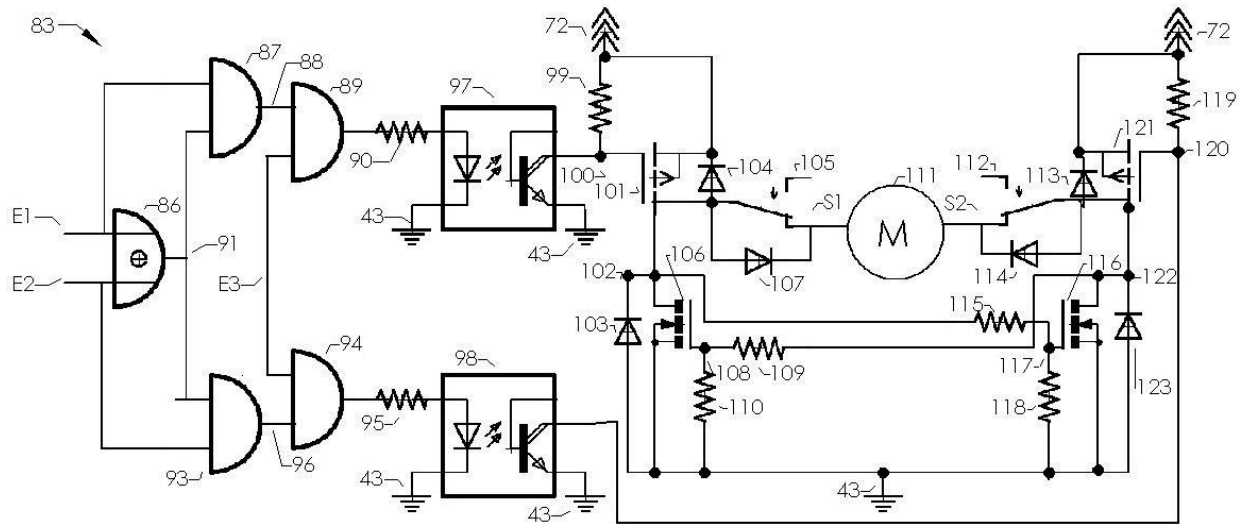


Fig 12.

10