



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

ARAGÓN

**“PROTOTIPO DE UN COLECTOR AUTOMÁTICO DE
RADIACIÓN SOLAR PARA OBTENER UN AUMENTO DE
RENDIMIENTO TÉRMICO EN UN CALENTADOR SOLAR DE
AGUA DE PLACA PLANA O SISTEMAS ALTERNOS DE
TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

P R E S E N T A :

PARRA CORTEZ JESUS OSVALDO.

ASESOR: M. en C. DÍAZ RANGEL ISMAEL.



FES Aragón



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado:

PRESIDENTE:	M. en C. JULIO BERNAL VÁZQUEZ	OCTUBRE	82
VOCAL:	M. en C. ARTURO OCAMPO ÁLVAREZ	ENERO	96
SECRETARIO:	M. en C. ISMAEL DÍAZ RANGEL	FEBRERO	04
SUPLENTE:	M. en I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ	JULIO	98
SUPLENTE:	M. en I. MA. DE LOURDES MARÍN EMILIO	AGOSTO	98

Cabe hacer mención que el Director de Tesis es el M. en C. Ismael Díaz Rangel, quien está incluido basándose en lo que reza el Reglamento de Exámenes Profesionales de esta Facultad.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Nezahualcóyotl, Estado de México, 29 de febrero de 2012

EL JEFE DE CARRERA



M. en I. FIDEL GUTIÉRREZ FLORES



C.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sánchez, Jefe del Depto. de Servicios Escolares.
M. en C. Ismael Díaz Rangel, Asesor.



Dedicatoria:

A mis padres:

Porque creyeron en mí, porque me sacaron adelante, por ser mi guía, dándome ejemplos dignos de compromiso y entrega, Porque solo la superación de mis ideales, me han permitido comprender cada día más la difícil posición de ser padres. Mis conceptos, mis calores morales, mi horizonte, mi límite ante los excesos, mis amigos y mi superación se las debo a ustedes; esto será la mejor de las herencias; lo reconozco y lo agradeceré eternamente, por cuidarme siempre, y sobre todo, por darme la oportunidad de ser su hijo.

He vivido una vida repleta de problemas, pero no son nada comparado con los problemas que afrontaron ustedes para lograr que mi vida empezase y así superarme en la vida.

Hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, En adelante pondré en práctica mis conocimientos y el lugar que en mi mente ocuparon los libros, ahora será de ustedes, esto, por todo el tiempo que les robé pensando en mí, porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final. Esto es por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Por todo lo que han hecho por mil gracias.



Índice:

Capítulo 1. Introducción.....	9
1.1. Planteamiento del problema	10
1.2. Justificación.....	11
1.3. Objetivo general.....	11
1.5. Método de investigación y desarrollo utilizado.....	12
1.6. Contribuciones.....	13
1.7. Estructura de la tesis.....	13
Capítulo 2. Sistemas térmicos de concentración solar.....	15
2.1. Transformación de la energía solar a térmica.....	15
2.1.1. La energía solar térmica en México.....	18
2.1.1.1. Barreras a la energía solar térmica en México.....	20
2.2. Colectores solares.....	21
2.2.1. Colectores solares planos.....	22
2.2.2. Colectores de concentración.....	25
2.3. Reflectores.....	26
2.4. Hornos o cocinas solares.....	27
2.5. Helióstato.....	28
2.6 Espejos.....	29
2.6.1 Espejos planos.....	30
2.6.2 Espejo cóncavo.....	30
2.7 Lentes.....	30
2.7.1 Lentes Fresnel.....	32
2.7.1.1 Características y usos de las lentes Fresnel.....	33
Capítulo 3. Sensores, transductores y actuadores electromecánicos.....	39



3.1. Principios utilizados en el desarrollo del sistema electrónico o de control	39
3.1.1. Sensor	39
3.1.1.1. Captadores fotoeléctricos	39
3.1.1.2. Sensores de contacto	40
3.1.1.3. Sensores de luz	41
3.1.2. Transductores	42
3.1.3. Diferencias entre transductores y sensores	42
3.1.4. Generalidades de la Luz	43
3.1.4.1. Sombras, penumbras y eclipses	43
3.1.4.2 relojes solares	44
3.1.4.3. El reloj de Cuadrante Ecuatorial	47
3.1.4.4. El reloj de Cuadrante Horizontal	47
3.1.4.5. Otros tipos de relojes de Sol	48
3.1.4.6. Consideraciones sobre la medición del tiempo	49
3.2. Sistemas de automatización existentes	52
3.2.1. Principios detrás de los mismos	52
3.2.1 Trayectoria del sol	53
3.2.2. Seguidor fotovoltaico	54
3.2.2.1. Rentabilidad del seguimiento solar	55
3.2.3. Celóstato	56
3.2.4. Seguidor de reflexión solar	56
3.2.4.1. Tipos de seguidores solares	57
3.2.4.2. Tipos de impulsión en los seguidores solares	58



3.3. Principales Sensores, componentes, esquemas aplicados en el prototipo.....	59
3.3.1. Sensor de luz (fotorresistencia).....	59
3.3.2. LM741.....	60
3.3.3. Puente H.....	62
3.3.4. Motorreductor.....	66
3.3.5. Sensor de viento (construcción propia).....	69
Capítulo 4. Implementación de propuesta experimental.....	72
4.1. Diseño.....	72
4.2 .Construcción con materiales disponibles.....	81
4.2.1. Construcción del Reflector compuesto.....	81
4.2.2. Propiedades del material compuesto:.....	86
4.2.3. Construcción del sistema de control.....	87
4.2.3.1. Elección y fabricación del Puente H.....	89
4.2.3.2. Panel de control.....	90
4.2.4. Construcción del prototipo inicial.....	91
4.2.4. Construcción del prototipo final.....	93
4.2.4.1. Motor y base.....	97
Capítulo 5. Pruebas y resultados	102
5.1. Pruebas en prototipo final.....	102
5.1.1. Reflectores.....	102
5.1.2. Pruebas del soporte.....	105
5.1.3. Pruebas en sistemas de seguridad.....	109
5.1.3. Fallas y Errores en prototipo.....	109
5.1.3. Pruebas finales con todos los sistemas.....	110



Conclusiones.....	115
Trabajos futuros.....	116
Glosario.....	118
Referencias:.....	122



Capítulo 1

Introducción



Capítulo 1. Introducción

La capacidad que tiene el Sol para calentar los objetos expuestos a sus rayos es un hecho cotidiano para todos nosotros. Este efecto se produce cuando la radiación electromagnética solar choca con algún objeto y parte de esta radiación se transforma en calor provocando un aumento de temperatura en el objeto en cuestión. Cada año el sol arroja cuatro mil veces más energía que la que consumimos, por lo que su potencial es prácticamente ilimitado.

La intensidad de energía disponible en un punto determinado de la tierra depende del día del año, de la hora y de la latitud. Además, la cantidad de energía que puede recogerse depende de la orientación del dispositivo receptor. Actualmente es una de las energías renovables más desarrolladas y usadas en todo el mundo. Esta energía renovable se usa principalmente para dos cosas, aunque no son las únicas; primero, para calentar cosas como comida o agua, conocida como energía solar térmica; y la segunda, para generar electricidad, conocida como energía solar fotovoltaica.



Figura 1.1 uso de la energía térmica

Los principales aparatos que usan energía solar térmica son los calentadores de agua y las estufas solares.



Se estima que el 80% del consumo energético de una vivienda se produce en forma de agua caliente (calefacción y agua caliente sanitaria). De éste consumo, aproximadamente el 70% se emplea en calefacción. La calefacción es por tanto uno de los grandes caballos de batalla del ahorro energético.

Por ejemplo, en Ciudad de México, se pueden obtener 15MJ/día/m² en verano, y 8-10MJ/día/m² en invierno de energía térmica solar.

1.1. Planteamiento del problema

Si bien, hasta finales de 2006 el empleo de sistemas de concentración en calefacción era económicamente discutible y su viabilidad dependía de subvenciones estatales, hoy en día y debido sobre todo al aumento del precio del petróleo, constituyen una interesante inversión.

Sin embargo, el principal escollo que tiene que superar esta tecnología es su escasa utilización a lo largo del año, la demanda anual de calefacción, a diferencia del agua caliente, no se reparte homogéneamente, sino que se concentra en los meses más fríos, que además coinciden con los de menos luz solar. Por este motivo, los paneles de calefacción permanecen inactivos la mayor parte del año, dificultando su amortización en el tiempo. La utilización masiva de paneles solares térmicos dependerá por tanto de nuestra capacidad para dotarlos de uso en verano, por ejemplo para refrigeración. Otras mejoras menores incluirían qué hacer con el calor sobrante en los meses en los que, aun disponiendo de ellos para refrigeración, no se utilicen los colectores (como en primavera o otoño), ya que si no se disipa adecuadamente, el exceso de calor puede destruir los colectores, por lo que hay que dotarlos de sistemas de prevención tales como pequeños radiadores exteriores, que elevan el coste del panel.

1.2. Justificación

La energía solar térmica es una fuerte renovable, limpia y de fácil aprovechamiento; además de ser la más económica y rentable de estas energías,



es la que más posibilidades de uso presenta a la hora de ahorrar costes tanto en la industria como en la economía doméstica. Con lo que en la actualidad es necesario tratar de crear o mejorar sistemas para el aprovechamiento de la energía térmica solar.

1.3. Objetivo general

Desarrollar los principios del prototipo de un colector automático de radiación solar para obtener un aumento de rendimiento térmico, e implementarlo sobre sistemas térmicos actuales, sin descartar su aplicación en otros tipos de sistemas de generación alternativa de energía.

1.4. Objetivos particulares

- Investigar tipos y características de los calentadores solares comerciales.
- Investigar tipos y características de los sistemas de concentración solar.
- Diseño e implementación de un concentrador compuesto.
- Investigar situación energética global.
- Investigar potencial energético solar en México.
- Investigar tipos de seguidores solares existentes.
- Diseño de un sistema de control de seguimiento solar fácil de adaptar al tipo de sistema propuesto.

1.5. Método de investigación y desarrollo utilizado

- Se realizó una investigación acerca de los sistemas de calentamiento solar.
- Se realizó una investigación acerca de sistemas de seguimiento y persecución solares existentes.
- Se revisaron diversas imágenes de tipos de perseguidores para así tener una idea de cómo empezar la construcción del prototipo.
- Se buscaron materiales disponibles y de fácil acceso



-
- Se realizó una investigación de sensores de luz y de calor y sus posibles aplicaciones para la realización de un sistema de control.
 - Se experimentó con diversos tipos de circuitos integrados para la regulación y control de la señal de los sensores.
 - Se investigó acerca de tipos de motores de baja velocidad y fácil control.
 - Se investigó y experimentó con diversos tipos de puentes H utilizados en robótica como en sistemas de elevadores.
 - Se procedió a crear las herramientas necesarias para obtener y/o resolver los objetivos.
 - Se diseñó y construyó en tableta fenólica un sistema de control para el prototipo.
 - Se realizaron pruebas de funcionamiento al sistema de control.
 - Se realizaron pruebas con materiales reflectivos caseros.
 - Se construyó y probó el panel compuesto.
 - Se construyó y probó el prototipo de manera integral.

1.6. Contribuciones

Se realizó la búsqueda de toda la información concerniente a este tipo de tecnologías, además se hizo la parte de control y propuesta del primer prototipo, el cual servirá como plataforma para avanzar en la optimización de la propuesta final.

Este trabajo representa un primer acercamiento a un nuevo tipo de sistema portátil, económico y autónomo; utilizable como herramienta para el mejoramiento de toda clase de concentradores solares, o para el desarrollo de nueva tecnología termo solar. A su vez, los métodos adquiridos en la creación del mismo sirvan



como ejemplo en la construcción de diversos aparatos que requieran una estructura similar.

1.7. Estructura de la tesis

En el capítulo 2 se presentan algunos tipos de concentradores solares considerados los más relevantes para la investigación, así como el enfoque de esta tecnología en México.

En el capítulo 3 se presentan los componentes electrónicos más importantes en el desarrollo del sistema de control del prototipo.

En el capítulo 4 se presentan los aspectos más importantes en el diseño y desarrollo del prototipo en general.

En el capítulo 5 se presentan algunas pruebas realizadas, así como características de funcionamiento y aspecto final del prototipo.



Capítulo 2

*Sistemas térmicos de
concentración solar*



Capítulo 2. Sistemas térmicos de concentración solar

2.1. Transformación de la energía solar a térmica

Se entiende por energía solar térmica, a la transformación de la energía radiante solar en calor o energía térmica.

Naturalmente la energía solar se produce en la atmósfera, los océanos y las plantas de la Tierra. Las interacciones de la energía del Sol, los océanos y la atmósfera, por ejemplo, producen vientos, utilizados durante siglos para hacer girar los molinos. Los sistemas modernos de energía eólica utilizan hélices fuertes, ligeras, resistentes a la intemperie y con diseño aerodinámico que, cuando se unen a generadores, producen electricidad para usos locales y especializados o para alimentar la red eléctrica de una región o comunidad.

Casi el 30% de la energía solar que alcanza el borde exterior de la atmósfera se consume en el ciclo del agua, que produce la lluvia y la energía potencial de las corrientes de montaña y de los ríos. La energía que generan estas aguas en movimiento al pasar por las turbinas modernas se llama energía hidroeléctrica. Gracias al proceso de fotosíntesis, la energía solar contribuye al crecimiento de la vida vegetal (biomasa) que, junto con la madera y los combustibles fósiles que desde el punto de vista geológico derivan de plantas antiguas, puede ser utilizada como combustible. Otros combustibles como el alcohol y el metano también pueden extraerse de la biomasa.

Asimismo, los océanos representan un tipo natural de recogida de energía solar. Como resultado de su absorción por los océanos y por las corrientes oceánicas, se producen gradientes de temperatura. En algunos lugares, estas variaciones verticales alcanzan 20 °C en distancias de algunos cientos de metros. Cuando hay grandes masas a distintas temperaturas, los principios termodinámicos predicen que se puede crear un ciclo generador



de energía que extrae energía de la masa con mayor temperatura y transferir una cantidad a la masa con temperatura menor. La diferencia entre estas energías se manifiesta como energía mecánica (para mover una turbina, por ejemplo), que puede conectarse a un generador, para producir electricidad. Estos sistemas, llamados sistemas de conversión de energía térmica oceánica (CETO), requieren enormes intercambiadores de energía y otros aparatos en el océano para producir potencias del orden de megavatios.

La diferencia con la energía solar fotovoltaica es que ésta aprovecha las propiedades físicas de ciertos materiales semiconductores para generar electricidad a partir de la energía solar. En función de la aplicación, se usan distintos tipos de colectores ó paneles solares térmicos, variando también la complejidad de la instalación. De esta manera, podemos usar paneles solares planos para aplicaciones típicas de calentamiento de agua sanitaria, colectores de tubo de vacío en zonas especialmente frías o para aplicaciones de calefacción y climatización, colectores de polipropileno sin cubierta para aumentar la temporada de baño en piscinas a la intemperie, etc.

En cuanto a las instalaciones, podemos encontrar desde equipos compactos para dotar de agua caliente sanitaria a una casa unifamiliar, hasta instalaciones más complejas con fluidos caloportadores distintos al agua, intercambiadores de calor, grandes depósitos de acumulación, etc.

Actualmente se puede decir que el aprovechamiento de la energía solar térmica es una tecnología madura y fiable, que las inversiones realizadas en general son amortizables sin la necesidad de subvenciones, y que se trata de una alternativa respetuosa con el medio ambiente.

En los últimos años se viene produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica debido, por una parte, a la mayor



sensibilidad social y política hacia temas medioambientales y, por otra, a la continua mejora y reducción de costes de los sistemas solares térmicos.

En su almacenamiento tenemos que distinguir dos tipos de sistemas:

- **Sistemas de almacenamiento en medio único:** El medio utilizado para almacenar la energía térmica es el mismo fluido que circula por los colectores solares. La eficacia de este tipo de sistemas es superior al 90%.
- **Sistemas de almacenamiento en medio dual:** El almacenamiento de calor tiene lugar en un medio diferente al fluido de trabajo que se calienta en los colectores solares. La eficacia que demuestran sistemas es aproximadamente un 70%.

La intensidad de energía utilizable una vez que la radiación solar atraviesa la atmósfera es muy baja, y su utilización está condicionada por la temperatura a la cual se va a utilizar.

El aprovechamiento de la energía del sol, puede conseguirse de dos maneras: sin mediación de elementos mecánicos; es decir, de forma pasiva, o con mediación de elementos mecánicos; es decir, de forma activa.

La energía solar activa, a su vez, puede ser de baja temperatura, media temperatura y alta temperatura, según la captación sea directa, de bajo índice de concentración o de alto índice de concentración.

Las aplicaciones de baja temperatura, realizadas con colectores planos vidriados, los conocidos como paneles solares, son las más extendidas comercialmente. Sus aplicaciones de más interés son:

- **En edificios:** Para conseguir agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas y calefacción.



- **En instalaciones industriales:** También para la preparación de agua caliente sanitaria y parcelación de agua para procesos.
- **En instalaciones agropecuarias:** Para la calefacción de los invernaderos, agua caliente de las piscifactorías, etc.
- **Refrigeración Solar:** En emplazamientos con necesidades de agua fría o refrigeración, mediante el aprovechamiento de calor en un proceso de absorción.

A nivel mundial, se calcula que, en 2006, la potencia de las instalaciones de energía solar térmica de baja temperatura alcanzó unos 127,8 GW los cuales correspondían a 128,5 millones m² de superficie de captadores. Los captadores planos y los tubos de vacío son las tecnologías más extendidas, con 102,1 GW de la potencia total instalada. Tan solo 24,5 GW corresponden a colectores de plástico y 1,2 GW son colectores de aire. Las principales aplicaciones de los captadores planos y los tubos de vacío son para ACS (Agua caliente sanitaria), y calefacción. Esta tecnología se utiliza fundamentalmente en China, Europa, Australia y Nueva Zelanda. Los colectores de plástico, cuyo uso más extensivo se da en EEUU y Canadá, sirven para el calentamiento de piscinas. Si comparamos el uso de esta tecnología según países, China es el país que cuenta con la mayor potencia instalada (64% del total) y además con mucha diferencia respecto al resto de países.

2.1.1. La energía solar térmica en México

México está ubicado geográficamente en una de las áreas de mayor radiación solar en el mundo, factor que juega a favor de México a la hora de emplear el gran potencial de aprovechamiento de la energía solar térmica. Sin embargo, por herencia de la abundancia de hidrocarburos de origen propio y el bajo precio del gas, durante las últimas décadas han situado a los calentadores a gas prácticamente como la única tecnología para la



producción de agua caliente. Consecuencia de esta trayectoria de consumo energético hacen a México el mayor consumidor de gases licuados del petróleo del mundo. El actual panorama tendencial de rápido incremento del precio de los hidrocarburos, incluyendo el gas natural, hacen que México se vea abocado a una búsqueda urgente de otras fuentes de energías para cubrir esta demanda energética.

El desarrollo de la energía solar en México cuenta con una herramienta básica, cuantificar el recurso a nivel nacional a través del mapa de radiación solar elaborado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas. Se estima que el recurso solar en territorio mexicano alcanza unos valores diarios de radiación comprendidos entre 4,4 kWh/m² y 6,3 kWh/m².

En el 2007, según datos de la Secretaría de Energía, la superficie de captación solar fue de casi 1 millón de m² de colectores, lo que supone la generación aproximada de 4,5 PJ por año.

El principal uso de la energía solar térmica en 2008 fue para acondicionar el agua de las piscinas, seguido por el sector vivienda para el calentamiento de agua sanitaria.

La primera conclusión que muestran estos datos es que teniendo en cuenta el alto potencial solar de México hay una falta de aprovechamiento de un recurso abundante y fiable.

En estos momentos se están dando los instrumentos, económicos y legales, para el desarrollo del sector. Concretamente bajo el auspicio de la puesta en marcha del programa PROCALSOL, del que cabe destacar la iniciativa de las "Hipotecas Verdes", que consiste en la incorporación del coste de la instalación solar en el crédito hipotecario de viviendas de nueva construcción. La exitosa acogida del programa ha permitido superar en el



2009 la superficie instalada de captadores solares para agua caliente sanitaria a la superficie utilizada en el caldeo de piscinas, uso más extendido de la energía solar térmica en el 2007 llegando al 75% de la superficie de colectores solares. La meta más inmediata del programa PROCALSOL es alcanzar una superficie de calentadores solares de 1.800.000 m² en 2012.

En el desarrollo del programa han participado entidades públicas y privadas, provenientes del sector energético, medioambiental, del agua, regulador, normativo y fabricantes que han conseguido establecer una red de proveedores, normalización y un sistema de calidad tanto de los equipos como de las instalaciones.

2.1.1.1. Barreras a la energía solar térmica en México

- **Tecnológicas:** Las tecnologías de los sistemas solares térmicos de baja temperatura, son tecnologías maduras y conocidas desde hace años, especialmente en los países más desarrollados donde el mercado ha alcanzado una cierta madurez. Pero en el caso de México, no ha sido hasta estos últimos años cuando el sector ha empezado a experimentar un cierto crecimiento. Las barreras tecnológicas que se han identificado son propias de mercados poco desarrollados.
- **Falta de proyectistas, instaladores y mantenedores calificados:** Debido a la baja demanda de SST (sistemas solares térmicos), el sector no ha tenido un desarrollo elevado que permita la existencia de profesionales adecuados, lo que puede afectar a la calidad de la instalación: errores en los sistemas de control, mantenimientos deficientes, cálculo incorrecto de la demanda de ACS, instalaciones ejecutadas distintas a las proyectadas, entre otros.



- **Falta de documentación técnica:** Existe una falta de documentación técnica para llevar a cabo el diseño de las instalaciones (guías, programas de cálculo, etc.) además de una escasa difusión del material ya existente.
- **Otras Barreras:** Las barreras tecnológicas no son las únicas que impiden el desarrollo del uso masivo de los SST. las principales barreras no tecnológicas que afectan al sector como son las económicas, educativas y regulatorias.

2.2. Colectores solares

Un colector solar transforma la energía solar incidente en otra forma de energía útil. Difiere de un intercambiador de calor convencional en que en éstos se realizan intercambios térmicos entre fluidos con elevados coeficientes de transferencia térmica, y en los que la radiación es un factor sin apenas importancia.

En un colector solar, la transferencia térmica se realiza desde una fuente energética, el Sol, a un fluido, sin concentración de energía solar, por lo que el flujo incidente puede ser del orden de 1 kW/m^2 variable con una serie de parámetros.

La gama de longitudes de onda que se aprovecha está comprendida entre $0,3 \mu\text{m}$ y $3,0 \mu\text{m}$, que es una franja de radiación considerablemente más pequeña que la de la radiación emitida por la mayoría de las superficies que absorben energía.

El análisis de los colectores solares implica problemas particulares de flujos de energía, bajos y variables, Así como una gran relevancia de los fenómenos de radiación. En los colectores de placa plana, la superficie que absorbe la radiación solar es igual a la superficie que la capta. Se pueden



diseñar colectores de placa plana para trabajar con temperaturas de placa absorbente comprendidas entre 40°C y 130°C. Estos colectores utilizan tanto la radiación solar directa como la difusa, no requieren de sistemas de seguimiento solar y prácticamente no precisan de mantenimiento. Sus aplicaciones van enfocadas a sistemas de calentamiento de agua, calefacción de edificios y aire acondicionado.

2.2.1. Colectores solares planos

.Los colectores solares planos no son tecnológicamente complejos, por lo que su margen de evolución es muy limitado. No obstante, actualmente consiguen captar en torno al 80% de la energía recibida del sol. (Compárese con el 10-15% de los paneles solares fotovoltaicos comunes).

Dentro de los diversos tipos de colectores solares, los colectores solares planos son los más comunes. Estos pueden ser diseñados y utilizados en aplicaciones donde se requiere que la energía sea liberada a bajas temperaturas, debido a que la temperatura de operación de este tipo de colectores, difícilmente pasa los 100 °C.

Las ventajas que podemos obtener de este tipo de colectores con respecto a los colectores de enfoque, que concentran la radiación solar; es que éstos utilizan la energía solar directa y difusa, no requieren movimiento continuo para dar seguimiento al sol, prácticamente no necesitan mantenimiento y son mecánicamente de construcción más simple que los colectores concentradores. Las principales aplicaciones de estos dispositivos son en el campo del calentamiento de agua a nivel doméstico e industrial, acondicionamiento calorífico de edificios y secado de fruta y granos. En este capítulo se analizará detalladamente el funcionamiento térmico teórico de los colectores solares planos, donde se verá que función juega cada una de sus partes. Aunque en general el análisis se hace para



colectores que utilizan un líquido como fluido de trabajo, haciendo pequeños cambios convenientes, este también sirve para colectores que trabajan con gases. En general, cuando se hable de un líquido, se tratará de agua fluyendo a través de un tubo y cuando se hable de un gas, entenderemos que es aire fluyendo por un ducto que puede tener muy diversas formas.

Estos se dividen en tres grupos:

a) Colectores planos protegidos:

Se trata de colectores cuya superficie de absorción es plana y cuyo funcionamiento se basa en el principio del invernadero (trampa de calor). Estos colectores están formados por una caja rectangular, con dimensiones aproximadas de 80 a 120 cm de ancho, 150 a 200 cm de alto y con un grosor de 5 a 10 cm (figura 2.1). La parte superior que está en dirección al sol está protegida por un vidrio especial, en tanto que los cuatro lados laterales y la parte de abajo son opacas y recubiertas con un material aislante térmico y un medio portador del calor (aire, agua, aceite, mezcla de agua y glicol, etc.). Este tipo de captadores son los más frecuentes ya que tienen un rendimiento mayor así como una relación costo-beneficio más conveniente.



Figura 2.1 colector plano protegido



Un buen colector plano para temperaturas de hasta 100 °C debe tener las propiedades siguientes:

- Debe poder montarse fijo integrado en una estructura de edificación.
- Los materiales empleados para el aislamiento y el colector mismo deben tener una inercia térmica lo más pequeña posible para que al cabo de una acción muy corta de las radiaciones solares se alcance lo más rápidamente posible la temperatura de servicio del colector.
- La cara frontal del aislamiento térmico tiene que ser resistente contra todas las acciones atmosféricas.

El rendimiento de un colector puede aumentarse por medio de un tratamiento especial de los vidrios y de la superficie de absorción. Las dimensiones necesarias para la superficie colectora dependen de la cantidad de calor que se necesita, de cómo se han concebido los colectores y el edificio y de dónde estará situada la instalación, geográfica y climáticamente. Los problemas más importantes que puedan presentarse en los colectores solares son los siguientes:

- **Sobrecalentamiento (rotura)**
- **peligro de heladas (movimientos térmicos)**
- **corrosión (fugas)**
- **suciedad**

b) Colectores planos no protegidos:

Estos colectores que, en general, deben tener una gran superficie no necesitan llevar una cubierta transparente porque trabajan por medio de fenómenos físicos de otro tipo, en el intervalo de las bajas temperaturas; se construyen de grandes dimensiones, como cubiertas o muros exteriores completos. Suelen denominarse cubiertas o muros absorbentes de la energía. Este tipo de captadores son el similar económico del anterior ya que se suprime la cubierta de vidrio protector, y se mantiene la placa expuesta



directamente a los rayos del sol. No cuenta con aislamiento en sus lados laterales ni el inferior.

Este tipo de colectores resulta mucho menos eficiente aunque compensa esta desventaja con su bajo costo.

c) Tubos de vacío:

Los tubos de vacío suponen un concepto distinto: se reduce la superficie captadora a cambio de unas pérdidas caloríficas menores. La lámina captadora se coloca dentro de tubos al vacío, por tanto con unas pérdidas caloríficas despreciables. Estos tubos presentan el mismo aspecto que un tubo fluorescente tradicional, pero de color oscuro. Los paneles se forman con varios de estos tubos montados en una estructura de peine. Las ventajas de este sistema son su mayor aislamiento (lo que lo hace especialmente indicado para climas muy fríos o de montaña), y su mayor flexibilidad de colocación, ya que usualmente permite una variación de unos 20° sobre su inclinación ideal sin pérdida de rendimiento. La desventaja es un coste significativamente mayor.

2.2.2. Colectores de concentración

Para aplicaciones como el aire acondicionado y la generación central de energía y de calor para cubrir las grandes necesidades industriales, los colectores de placa plana no suministran, en términos generales, fluidos con temperaturas bastante elevadas como para ser eficaces. Se pueden usar en una primera fase, y después el fluido se trata con medios convencionales de calentamiento. Como alternativa, se pueden utilizar colectores de concentración más complejos y costosos. Son dispositivos que reflejan y concentran la energía solar incidente sobre un zona receptora pequeña. Como resultado de esta concentración, la intensidad de la energía solar se incrementa y las temperaturas del receptor (llamado „blanco“) pueden



acercarse a varios cientos, o incluso miles, de grados Celsius. Los concentradores deben moverse para seguir al Sol si se quiere que actúen con eficacia; los dispositivos utilizados para ello se llaman helióstatos.

2.3. Reflectores

La construcción del reflector incluye una serie de problemas que hacen conveniente dividirlo en dos partes, el revestimiento de la superficie reflectora y la estructura soporte y de orientación. Los tipos de revestimiento de la superficie reflectora y sus características, se han tratado anteriormente; hay que utilizar materiales de reflexión con una reflectancia especular máxima durante el periodo de funcionamiento del colector que esté en concordancia con los costes de fabricación y mantenimiento; también hay que tener en cuenta la posibilidad de renovar el revestimiento de reflexión, aplicando, por ejemplo, una nueva capa de película de plástico reflectivo, tal como Mylar aluminizado, o por sustitución de las placas o volviendo a metalizar, si la ganancia de energía útil adicional justifica el desembolso.

El cuerpo y la estructura soporte tienen una gran importancia en su influencia sobre el factor de interceptación $F\phi$; el funcionamiento correcto del colector depende de la capacidad de la estructura de mantener la forma de la superficie reflectora y de su orientación, que son factores críticos a la hora de hacer un diseño, en donde habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El cuerpo y la estructura deben tener un soporte que permita obtener las diversas posiciones de orientación, sin que esto provoque una distorsión significativa de la superficie del reflector debida a su propio peso.
- Deben tener la capacidad de funcionar y, en consecuencia, de no distorsionarse de forma significativa con los vientos que normalmente



soplen en el lugar, ya que la carga del viento limita el tamaño práctico de cada concentrador.

- Tienen que estar preparados para resistir daños estructurales provocados por vientos fuertes y tormentas; en estas circunstancias se les situará en una posición fija y adecuada que permita eludir tales fenómenos.

2.4. Hornos o cocinas solares

Los hornos solares son artefactos que permiten cocinar alimentos usando el Sol como fuente de energía. Se dividen en dos familias:

a) De concentración:

Se basan en concentración de la radiación solar en un punto, típicamente a través de un reflector parabólico. En dicho punto se coloca la olla que cocinará los alimentos. Generan altas temperaturas y permiten freír alimentos o hervir agua. Son particularmente peligrosas al usuario si no se tiene cuidado y si no usas el tipo de protección necesario.



Figura 2.2 horno de concentración



b) Horno o caja:

El horno o caja solar es una caja térmicamente aislada, diseñada para capturar la energía solar y mantener caliente su interior (figura 2.3). Los materiales generalmente son de baja conducción de calor, lo que reduce el riesgo de quemaduras a los usuarios y evita la posibilidad de incendio tanto de la cocina como en el lugar en el que se utiliza. Además los alimentos no se queman ni se pasan conservando así su sabor y valor nutritivo.

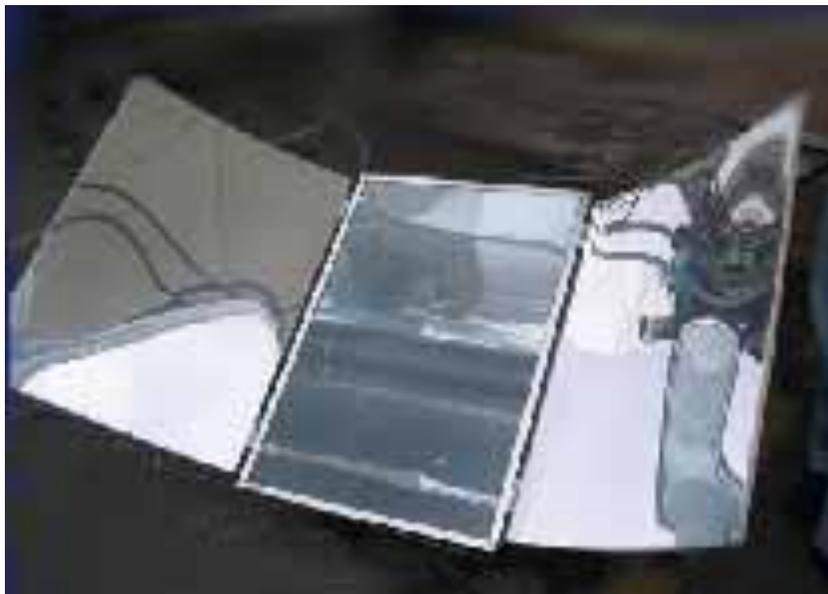


Figura 2.3 horno común

2.5. Helióstato

Es un espejo o conjunto de espejos que forman una superficie muy grande y se mueven ya sea en uno o dos ejes con el objetivo de seguir el movimiento del Sol(figura 2.4).

Haciendo esto, los rayos que refleja el helióstato pueden ser dirigidos hacia un solo punto durante todo el día.

Se pueden usar para muchas cosas, pero sus 3 principales aplicaciones son:



- **Para plantas de energía solar termoeléctricas**, en donde se puede concentrar la luz solar sobre las torres para lograr generar la electricidad. Pueden llegar a medir hasta 120 metros cuadrados cada helióstato.
- **Para hacer observaciones en el espacio**, ya que se puede mantener la imagen del Solo de cualquier otro astro sobre un mismo aparato y durante todo el día.
- **Para la experimentación de nuevos materiales**, ya que se pueden concentrar los rayos solares en un solo material y así medir cómo se comporta a altas temperaturas.



Figura 2.4 helióstato

2.6 Espejos

Es todo cuerpo con una superficie pulimentada que hace posible una reflexión total y regular de la luz que incide sobre él.



2.6.1 Espejos planos

Es una superficie plana muy pulimentada que puede reflejar la luz que le llega con una capacidad reflectora de la intensidad de la luz incidente del 95% o superior.

Los espejos planos se utilizan con mucha frecuencia. Son los que usamos cada mañana para mirarnos. En ellos vemos nuestro reflejo, una imagen que no está distorsionada.

La formación de las imágenes en los espejos planos es una consecuencia de la reflexión de los rayos luminosos. Una imagen en un espejo se ve como si el objeto estuviera detrás y no frente a éste. La óptica geométrica explica este familiar fenómeno suponiendo que los rayos luminosos cambian de dirección al llegar al espejo.

2.6.2 Espejo cóncavo

Un espejo cóncavo refleja luz desde la parte curva interna. Cuando los rayos de luz que provienen de un objeto inciden paralelos al eje principal siguen la ley de reflexión. Los rayos que se reflejan sobre el espejo, a igual distancia del eje principal, son simétricos. Donde estos rayos se encuentran se haya el foco principal o punto focal del espejo. Este punto queda en el medio del objeto reflejado y el punto que esta al medio del espejo. Un espejo cóncavo es un espejo convergente ya que los rayos reflejados se encuentran en el punto focal. Cualquier rayo que incida sobre el espejo se reflejará y pasará por el punto focal. El rayo incidente que pase por el foco se reflejará en una dirección paralela al eje principal.

2.7 Lentes

Una lente es un dispositivo óptico capaz de hacer converger o divergir un haz de luz que pasa a través de él, transmitiendo y refractando la luz para ello.



Las lentes con superficies de radios de curvatura pequeños tienen distancias focales cortas. Una lente con dos superficies convexas siempre refractará los rayos paralelos al eje óptico de forma que converjan en un foco situado en el lado de la lente opuesta al objeto. Una superficie de lente cóncava desvía los rayos incidentes paralelos al eje de forma divergente; a no ser que la segunda superficie sea convexa y tenga una curvatura mayor que la primera, los rayos divergen al salir de la lente, y parecen provenir de un punto situado en el mismo lado de la lente que el objeto. Estas lentes solo forman imágenes virtuales, reducidas y no invertidas.

Si la distancia del objeto es mayor que la distancia focal, una lente convergente forma una imagen real e invertida. Si el objeto está lo bastante alejado, la imagen será más pequeña que el objeto. En ese caso, el observador estará utilizando la lente como una lupa o microscopio simple. El ángulo que forma en el ojo esta imagen virtual aumentada (es decir, su dimensión angular aparente) es mayor que el ángulo que formaría el objeto si se encontrara a la distancia normal de visión. La relación de estos dos ángulos es la potencia de aumento de la lente. Una lente con una distancia focal más corta crearía una imagen virtual que formaría un ángulo mayor, por lo que su potencia de aumento sería mayor. La potencia de aumento de un sistema óptico indica cuánto parece acercar el objeto al ojo, y es diferente del aumento lateral de una cámara o telescopio, por ejemplo, donde la relación entre las dimensiones reales de la imagen real y las del objeto aumenta según aumenta la distancia focal. La cantidad de luz que puede admitir una lente aumenta con su diámetro.

Como la superficie que ocupa una imagen es proporcional al cuadrado de la distancia focal de la lente, la intensidad luminosa de la superficie de la imagen es directamente proporcional al diámetro de la lente e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia focal. Por ejemplo, la imagen producida por una lente de 3 cm de diámetro y una distancia focal de 20 cm



sería cuatro veces menos luminosa que la formada por una lente del mismo diámetro con una distancia focal de 10 cm. La relación entre la distancia focal y el diámetro efectivo de una lente es su relación focal, llamada también número f . Su inversa se conoce como apertura relativa. Dos lentes con la misma apertura relativa tienen la misma luminosidad, independientemente de sus diámetros y distancias focales.

2.7.1 Lentes Fresnel

llamada así por su inventor Augustin Fresnel, es un diseño de lentes que permite la construcción de lentes de gran apertura y una corta distancia focal sin el peso y volumen de material que debería usar en una lente de diseño convencional.

Cuando las lentes son grandes, su grosor puede hacerse excesivo, pues hacen la lente muy pesada y cara. Por ello, se puede mantener los radios de curvatura de las lentes separándolas en anillos circulares. El grosor de la lente en cada anillo es diferente, eliminando el enorme espesor que tendría la lente de ser sus superficies continuas, mientras que la superficie presenta un aspecto escalonado (figura 2.5). Se emplean en lupas planas con formato de tarjeta de crédito, linternas de los faros, faros de los automóviles, indicadores de dirección, etc.

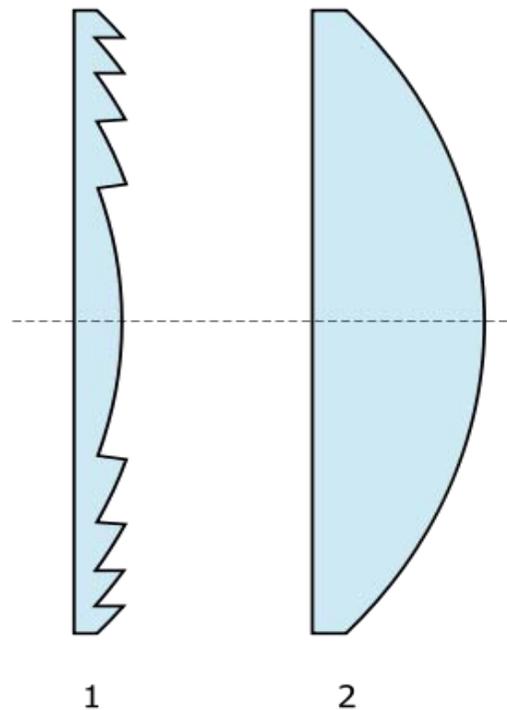


Figura 2.5 lente Fresnel

2.7.1.1 Características y usos de las lentes Fresnel

Estas son vidrios tallados o también plásticos fabricados de la misma forma cuya misión es hacer que los rayos de luz se comporten al atravesarlas como cuando atraviesan lentes plano convexas:

- Los rayos de luz que llegan paralelos al eje óptico tienden a concentrarse en un punto o foco, se focalizan.
- Los rayos que salen del foco atraviesan la lente y salen paralelos en un tubo de luz (figura 2.6).

Se utilizan como lentes que forman imágenes con poca calidad en dos aplicaciones básicas:

- Situaciones en que los diámetros son tan grandes que las lentes serían muy pesadas y caras: en los proyectores de transparencias, o en los faros.



- Situaciones en que se precisan muchas lentes diferentes en un mismo lugar a muy bajo precio. El ejemplo más sencillo son esos aparatos que "detectan" la presencia de algo moviéndose, que están en algunos locales y que son unos plásticos semicirculares de color grisáceo: dentro llevan fabricadas bastantes lentes de Fresnel para focalizar la luz proveniente de muchos lugares diferentes en un detector interno.

Si uno mira una lente de Fresnel lo que ve es una serie de hendiduras de forma circular, por lo de la simetría, practicadas sobre un vidrio o material plástico (más baratos). El estudio es complejo y se basa en temas de difracción de la luz al pasar por este material fabricado de esa manera.

La idea de una lente de Fresnel nunca está en formar una imagen de calidad sino en conseguir de forma barata y poco pesada un sistema focalizado de luz.

a) Lente de Fresnel en el cine:

Las lentes de Fresnel se han diseñado para aplicaciones de iluminación en televisión, cine y teatro ya sea para su aplicación en focos de luz concentrada o focos de luz formando un abanico de 60°.

La lente de Fresnel debe tener forma convexa a fin de acercar la lámpara el máximo posible a la lente. Para aplicaciones en las que se producen cargas térmicas muy altas se utilizan lentes de Fresnel especiales, endurecidas. Las características de la luz permanecen invariables: suave, uniforme y difuminada en los bordes. Se han desarrollado lentes de Fresnel con distancias focales cortas que proporcionan una iluminación uniforme y altamente eficiente



Cocinas solares:

En las cocinas solares con reflectores parabólicos o lentes fresnel no es necesario el uso de una caja aislada pues la temperatura en el foco sobrepasa los 600 °C. Esta temperatura es demasiado alta para ser manejada con facilidad, por lo que si la vasija de cocción se sitúa fuera del foco, aumentará la superficie de caldeo al mismo tiempo que la temperatura será más baja. Este tipo de cocinas necesitan ser reorientadas con frecuencia para que la luz incida en la olla y no se desperdicie energía. De todos modos es conveniente evitar pérdidas de calor cubriendo los recipientes con una campana de cristal.

b) Iluminación interior:

Dependiendo de la distancia entre el lugar que se quiere iluminar y la cubierta de un edificio se puede introducir luz natural, sin transferencia de calor. Una cúpula transparente en el tejado, equipada con un reflector o lentes Fresnel, capta la luz natural (del sol), la cual se transporta después al interior a través de un tubo súper reflectante. La luz puede transportarse, sin reducir su intensidad, hasta 6 metros. De este modo, puede salvarse sin ningún problema una planta para introducir la luz natural en un piso inferior. La luz natural se difunde en el cuarto mediante un plafón, colocado en el extremo inferior del tubo. Es un sistema de luz natural con grandes ventajas si se compara con los sistemas de luz natural convencionales como pueden ser claraboyas y ventanas de tejado y mucho más económica que las demás claraboyas, gracias a su montaje rápido y sencillo.

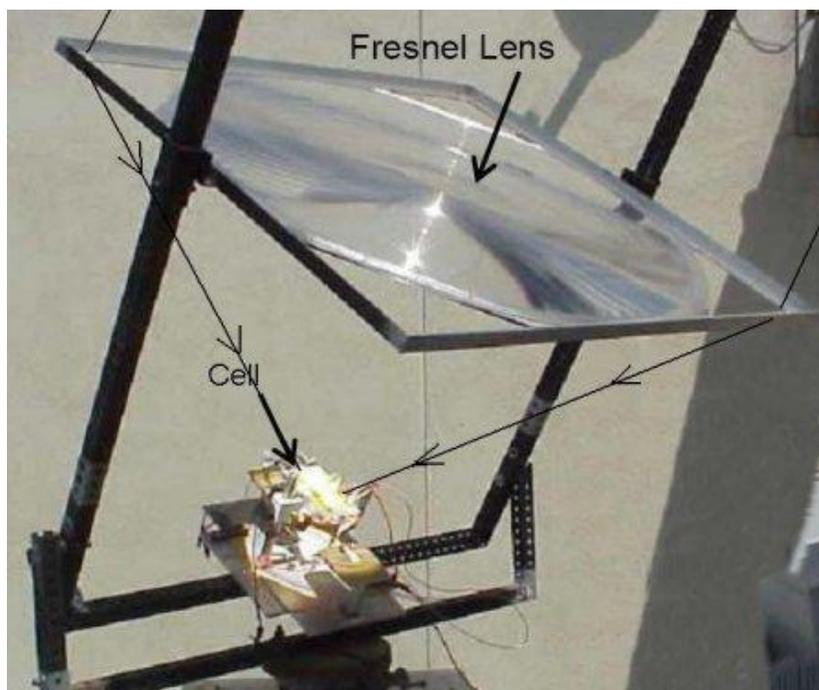


Figura 2.6 lente Fresnel mas blanco

Argumento encontrado acerca del uso de estas lentes:

Se encontró esta referencia a un proyecto de de una persona llamada Bruce Joseph quien escribe acerca de un proyecto que el mismo realizo con una de estas lentes.

A continuación se muestra el artículo¹ en palabras del autor:

“Con una lente Fresnel de 70cm x 90cm (figura 2.7), se construye un marco de madera para poder moverla. Este marco está montado sobre un soporte de madera que me permite inclinar hacia el objetivo con el sol.

El objetivo tiene unos 90cm de distancia focal, y se cocina en un sartén de hierro fundido colocado en el trípode una cámara. “

“Cuando construí la cocina, mi meta era hacer hervir un litro de agua en menos de 30 minutos. Se puede hervir medio litro en unos 15 minutos.”

“La lente Fresnel puede ser muy caliente (unos 350° centígrados) por lo que



es muy fácil quemar los alimentos con él. Mi técnica habitual es poner comida en la sartén de hierro fundido, a continuación, poner una prensa sobre eso. (Puede ser otra sartén, etc.) Así se extiende el calor y reduce al mínimo el poder quemar los alimentos. se puede cocinar una hamburguesa, un perrito caliente, un sándwich de queso y otros alimentos en unos 3-5 minutos”



Imagen 2.7 lente Fresnel plástica

artículo¹: <http://cocinasolares.blogspot.com/2010/06/parrilla-solar-con-lentes-fresnel.html>



Capítulo 3

*Sensores,
transductores y
actuadores
electromecánicos*



Capítulo 3. Sensores, transductores y actuadores electromecánicos

3.1. Principios utilizados en el desarrollo del sistema electrónico o de control

3.1.1. Sensor

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos como las resistencias variables, (todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

3.1.1.1. Captadores fotoeléctricos

La construcción de este tipo de sensores, se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, LED, láser etc...) y una célula receptora de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR etc.

Este tipo de sensores, se encuentra basado en la emisión de luz, y en la detección de esta emisión realizada por los fotodetectores.

Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, podemos dividir este tipo de captadores en: captadores por barrera, o captadores por reflexión.



Captadores por barrera: Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.

Captadores por reflexión: La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

3.1.1.2. Sensores de contacto

Estos dispositivos, son los más simples, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar.

Su simplicidad de construcción añadido a su robustez, los hacen muy empleados en robótica. Estos pueden subdividirse en dos categorías principales: binarios y analógicos.

a) Sensores binarios:

Los sensores binarios son dispositivos de contacto tales como micro interruptores. En la disposición más simple, un conmutador está situado en la superficie interior de cada dedo de una mano de manipulación. Este tipo de detección es de utilidad para determinar si una pieza está presente entre los dedos. Deslazando la mano sobre un objeto y estableciendo secuencialmente contacto con la superficie, también es posible centrar la mano sobre el objeto para su agarre y manipulación.

Sensores de contacto binarios múltiples pueden emplearse, en la superficie interior de cada dedo, para proporcionar información táctil. Además, suelen estar montados en las superficies exteriores de una mano de manipulación para proporcionar señales de control de utilidad para guiar la mano a través de todo el espacio de trabajo. Este último empleo de detección por contacto



es análogo al que los seres humanos sienten cuando se desplazan a través de un recinto completamente oscuro.

b) Sensores Analógicos:

Un sensor de contacto analógico es un dispositivo manejable cuya salida es proporcional a una fuerza local. El más simple de estos dispositivos está constituido por una varilla accionada por un resorte que está mecánicamente enlazada con un eje giratorio, de tal manera que el desplazamiento de la varilla debido a una fuerza lateral da lugar a una rotación proporcional del eje.

La rotación se mide luego, de manera continua, utilizando un potenciómetro o de forma digital con el empleo de una rueda de código. El crecimiento de la constante del resorte proporciona la fuerza que corresponde a un desplazamiento dado.

3.1.1.3. Sensores de luz

Un sensor de luz detecta la luminancia. Miden la cantidad de luz que llega a una célula foto-eléctrica (básicamente una resistencia). La resistencia es baja con luz y alta con oscuridad (sensor de oscuridad). Se pueden usar de diversas formas: pueden medir intensidad, pueden orientarse, enfocarse, protegerse. Su colocación influye; es decir, un Sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que recibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento.

Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.



3.1.2. Transductores

Un transductor es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra diferente de salida. El nombre del transductor ya nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir, a partir de esta información, señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía por lo que la señal medida resulta debilitada.

3.1.3. Diferencias entre transductores y sensores

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable a medir o a controlar. Hay sensores que no solo sirven para medir la variable, sino también para convertirla, mediante circuitos electrónicos, en una señal estándar (4 a 20 mA, o 1 a 5VDC) para tener una relación lineal con los cambios de la variable censada dentro de un rango para fines de control de dicha variable en un proceso.

Puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Áreas de aplicación de los sensores: industria automotriz, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, robótica , etc.



3.1.4. Generalidades de la Luz

Se llama Luz a la parte de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el ojo humano. En física, el término luz se usa en un sentido más amplio e incluye todo el campo de la radiación conocido como espectro electromagnético, mientras que la expresión luz visible señala específicamente la radiación en el espectro visible. Algunas propiedades características de la luz:

- **Se propaga en línea recta:** La luz se propaga en línea recta. La línea recta que representa la dirección y el sentido de la propagación de la luz se denomina rayo de luz (el rayo es una representación, una línea sin grosor, no debe confundirse con un haz, que sí tiene grosor).

Un hecho que demuestra la propagación rectilínea de la luz es la formación de sombras. Una sombra es una silueta oscura con la forma del objeto.

- **Se refleja cuando llega a una superficie reflectante.**
- **Cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro (se refracta).**

3.1.4.1. Sombras, penumbras y eclipses

-Si un foco, grande o pequeño, de luz se encuentra muy lejos de un objeto produce sombras nítidas.

-Si un foco grande se encuentra cercano al objeto, se formará sombra donde no lleguen los rayos procedentes de los extremos del foco y penumbra donde no lleguen los rayos procedentes de un extremo pero sí del otro.



3.1.4.2 relojes solares

El fundamento básico de un reloj de Sol se encuentra en el movimiento rotacional de nuestro planeta, que, aunque no con absoluta exactitud, da una vuelta completa en 24 horas. Esto es, tarda 24 horas en girar 360° .

Esto quiere decir, evidentemente, que cada hora gira 15° (figura 3.1).

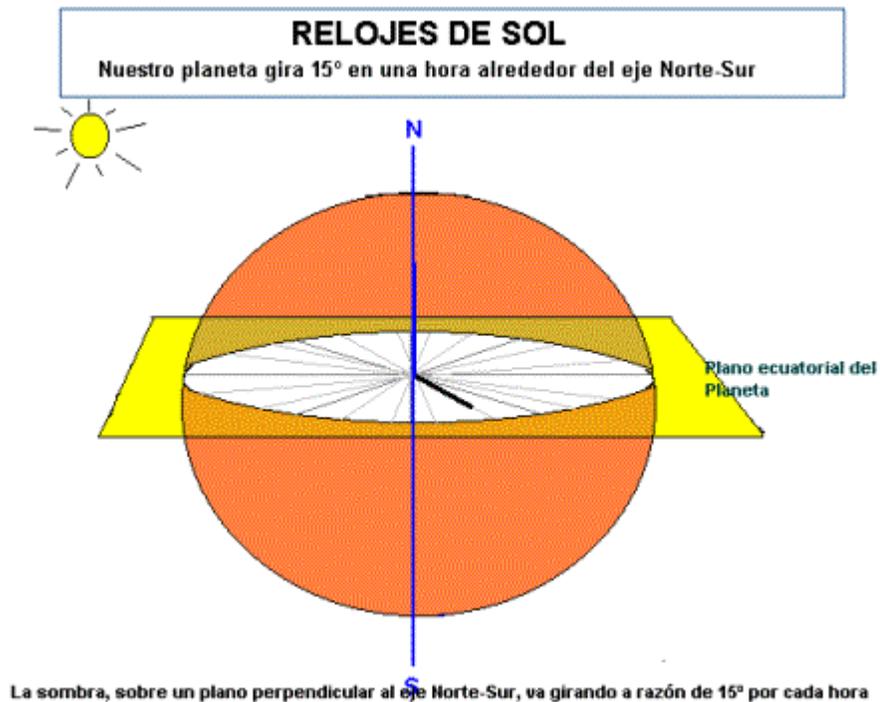


Figura 3.1 relojes solares

O sea, que si suponemos un plano ecuatorial, que corta a nuestro planeta por el ecuador, tal como se muestra en la figura 3.1, la sombra de un gnomon o estilete en la dirección del eje de rotación va desplazándose 15° en cada hora.

Ese plano ecuatorial no podríamos, evidentemente, tenerlo físicamente atravesando nuestro planeta, pero sí podríamos construirlo sobre el punto de la superficie terrestre donde nos encontremos. Lo único importante es que el



plano tiene que ser paralelo al anterior, y el gnomon, por consiguiente, tiene que ir dirigido en el sentido Norte-Sur.

Naturalmente, el plano del reloj, que llamaremos plano ecuatorial (figura 3.2), estará inclinado con respecto al plano horizontal donde nos movemos y caminamos sobre la superficie terrestre, tanto mayor es la inclinación cuanto más próximos estemos del ecuador. Así, por ejemplo, si estamos situados en el Polo Norte (o Sur) el plano del reloj coincide con el plano del horizonte, y en el caso de estar en la línea ecuatorial (por ejemplo, en la ciudad de Quito) el plano ecuatorial es perpendicular al suelo, con el gnomon apuntando al horizonte en dirección a la estrella polar.

En general, la inclinación del plano ecuatorial es el complemento a 90° de la latitud del lugar, esto es, la colatitud del lugar (Figura 3.3).

Veamos en la figura un plano ecuatorial en la posición donde aproximadamente nos encontramos (unos 37° de latitud norte):



RELOJES DE SOL

Nuestro planeta gira 15° en una hora alrededor del eje Norte-Sur

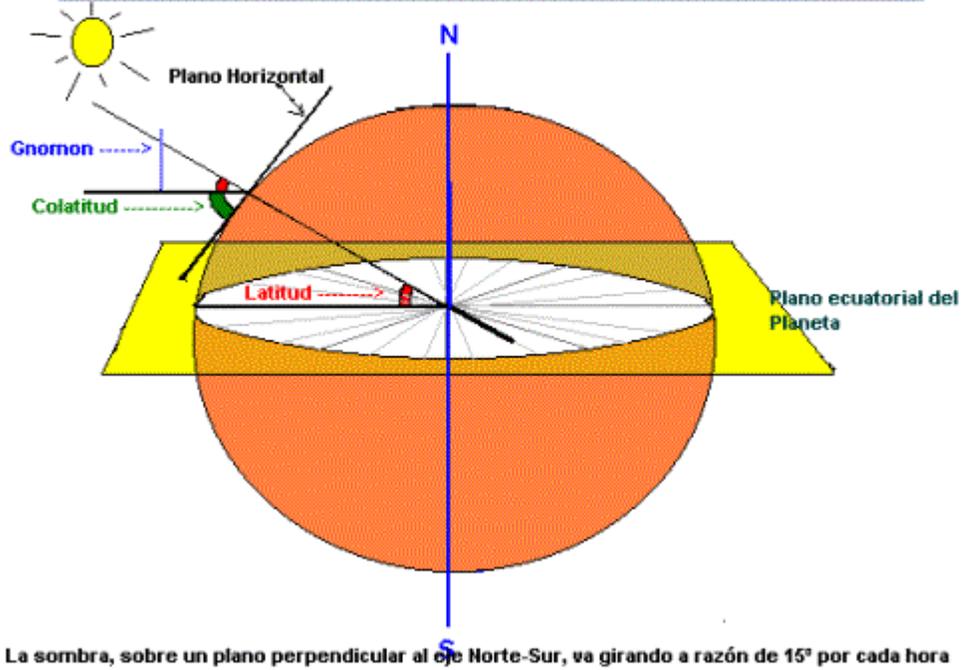


Figura 3.2 relojes de sol

Ese plano ecuatorial, inclinado sobre nuestro horizonte con un ángulo igual a la colatitud del lugar es, ya, un reloj de sol. Veámoslo desde nuestra óptica cotidiana, en nuestro entorno:

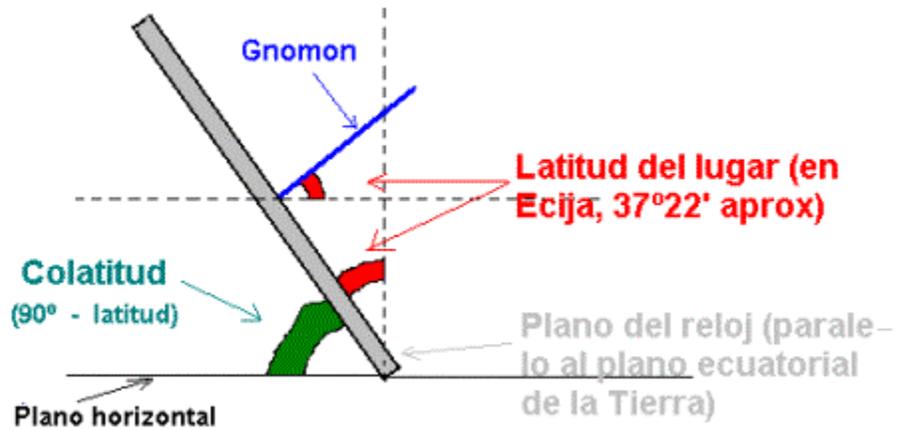


Figura 3.3 latitud y colatitud



3.1.4.3. El reloj de Cuadrante Ecuatorial

Este plano inclinado, con el estilete o gnomon apuntando hacia el Norte es ya lo que podemos denominar un Reloj de Sol de Cuadrante Ecuatorial (figura 3.4). Si recordamos que, en cada hora, la sombra del estilete se desplaza unos 15° , podemos señalar con líneas los diferentes pasos de hora, separados con 15° , así como las medias horas, los cuartos de horas, etc.. Se tiene así entonces, el primer diseño básico de reloj de sol. El de cuadrante ecuatorial, que es el de más fácil construcción:

RELOJ DE SOL DE CUADRANTE ECUATORIAL

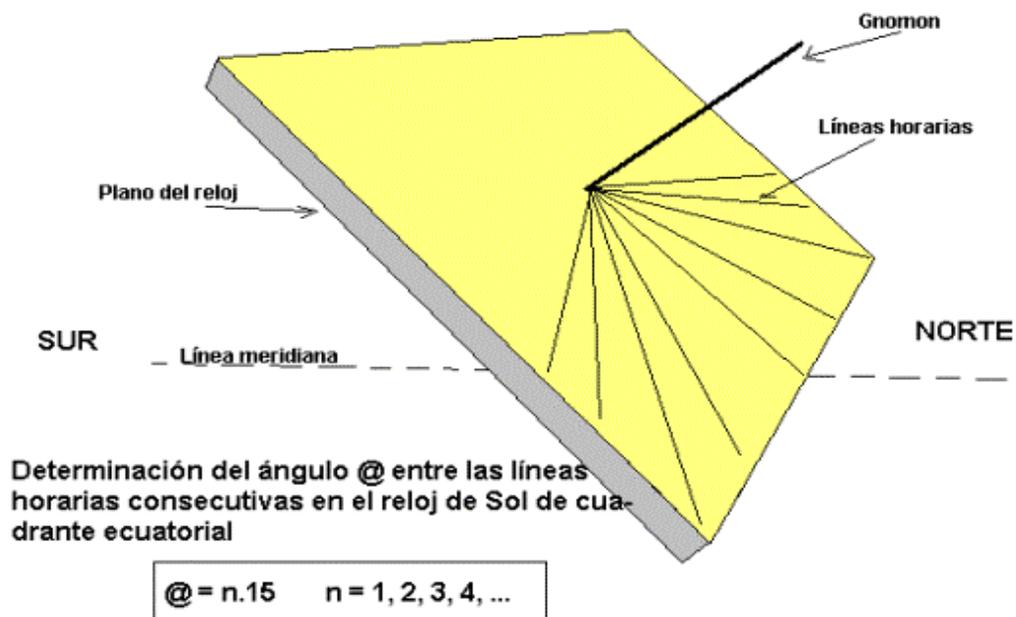


Figura 3.4 reloj de sol cuadrante ecuatorial

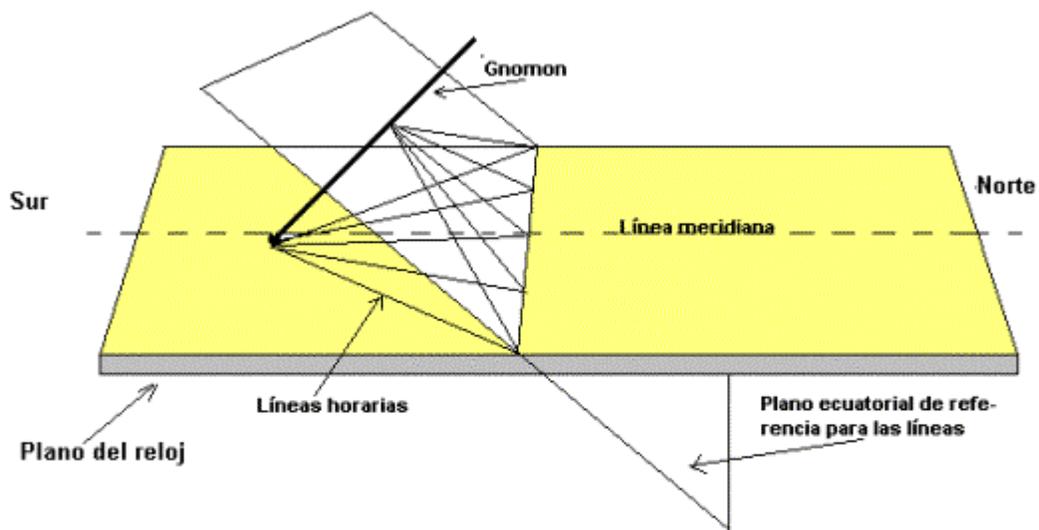
3.1.4.4. El reloj de Cuadrante Horizontal

Un reloj de cuadrante horizontal es simplemente un plano horizontal en el que el gnomon o estilete, cuya sombra indica las horas, está dirigido hacia el Norte, sobre la meridiana del lugar.



Los radios indicativos de las horas, que parten del punto en donde está fijo el estilete, no tienen una separación de 15 grados como en el ecuatorial, sino que es necesario hacer uso de la trigonometría plana para determinarlos. En la práctica, se pueden señalar estos radios a partir del uso como plantilla de referencia de un reloj de cuadrante ecuatorial, en la forma en que se indica en la figura.

RELOJ DE SOL DE CUADRANTE HORIZONTAL



Determinación del ángulo @ entre las líneas horarias consecutivas en el reloj de Sol de cuadrante horizontal

$$\textcircled{\text{ @ }} = \text{arc tg} (\text{tg} (n.15) \cdot \text{sen} l)$$

(n = 1, 2, 3, ...)

Figura 3.5 El reloj de Cuadrante Horizontal

3.1.4.5. Otros tipos de relojes de Sol

Partiendo de los tipos básicos de relojes de Sol descritos anteriormente usando como referencia inmediata el movimiento de rotación de la Tierra alrededor del eje Norte-Sur, pueden imaginarse relojes de Sol de muy diversas formas y posiciones en lo que respecta a sus cuadrantes. Así, podemos imaginar relojes esféricos, cilíndricos, en forma parabólica, etc. Lo



importante de todos estos relojes de distinta presentación es que se basan en el hecho de que nuestro planeta gira a razón de 15° sexagesimales en el tiempo que hemos dado en llamar una hora.

Así, por ejemplo, se pueden construir relojes de Sol sobre planos inclinados (no necesariamente ecuatoriales, ni verticales, ni horizontales).

3.1.4.6. Consideraciones sobre la medición del tiempo

a) Sobre la hora oficial y la hora solar:

Sabemos que al mediodía la sombra de un gnomon sobre un plano horizontal es la más pequeña de todo el día. Y que el mediodía se alcanza simultáneamente en todos los puntos de un mismo meridiano. Se conoce como tiempo universal, TU, u hora solar de Greenwich, a aquella tal que le asigna la hora 12 a los puntos del mediodía en el meridiano que pasa por la población de Greenwich, cerca de Londres.

Esto quiere decir que en los puntos de aquel meridiano que esté 15 grados al oeste del de Greenwich todavía no se observa la sombra mínima del gnomon, sino que tendrá lugar una hora más tarde. Por eso, la hora del mediodía tendrá lugar cuando sean las 13 horas en ese meridiano. Es decir la hora solar del mediodía en todos los puntos de este meridiano será = TU +1 = 13. Lo mismo para cualquier otro meridiano. Siempre es necesario hacer la correspondiente proporción, (1 hora son 15 grados, o sea, un grado es equivalente a 4 minutos de tiempo universal).

Por ejemplo: En un lugar que esté a $5^\circ 24''$ de longitud Oeste (es el caso de Marchena, por ejemplo), el mediodía, es decir el instante en el que la sombra del gnomon es la más pequeña del día, corresponde a un tiempo universal de $12\text{horas} + 5 \times 4 + 2 \text{ minutos} = 12\text{horas } 22 \text{ minutos}$.



Si se trata de Écija, que está $5^{\circ}5''$ de longitud oeste, el mediodía corresponde a las 12 horas 20 minutos.

Pero, no obstante, las administraciones de cada país acostumbran a cambiar la hora solar por otra de conveniencia socioeconómica. Así, en todo el territorio peninsular español, la hora considerada oficial está establecida en 2 horas más que la hora solar, en verano, y una hora más que la hora solar en invierno. Eso quiere decir que el mediodía en Marchena, con la hora oficial de verano sería a las 14 horas 22 minutos y con la hora oficial de invierno sería a las 13 horas 22 minutos.

En Écija, el mediodía se alcanza, con la hora oficial de verano, a las 14 horas 20 minutos, y, con la hora oficial de invierno, a las 13 horas 20 minutos.

b) Sobre la ecuación del tiempo:

Sabemos, a partir de modernas observaciones astronómicas y observaciones de satélites artificiales, que el periodo de rotación de la Tierra no es constante, sino que varía tanto en el corto plazo como a lo largo de los siglos. Estas pequeñas variaciones se deben a variaciones reales en la rotación de la Tierra, y son compensadas insertando segundos adicionales apropiadamente.

Si se usa un reloj de sol para determinar la hora, rápidamente se hace aparente que no indica la misma hora que los relojes. La diferencia asciende a unos 16 minutos en ciertas épocas del año. Esta diferencia también se nota como una falta de simetría en las horas de la salida y el ocaso del Sol. Se la llama La Ecuación del Tiempo.

La Ecuación del Tiempo tiene dos causas. La primera es que el plano del Ecuador de la Tierra está inclinado con respecto al plano de su órbita



alrededor del Sol. La segunda es que la órbita de la Tierra alrededor del Sol es una elipse y no una circunferencia.

c) La Ecuación del Tiempo debida a la Oblicuidad:

El ángulo entre el plano del Ecuador y el de la órbita de la Tierra alrededor del Sol es llamado el ángulo de Oblicuidad.

Si asumimos que la órbita de la Tierra es circular, entonces el movimiento aparente del Sol a lo largo del gran círculo, o sea, la Eclíptica, será regular, cubriendo ángulos iguales en tiempos iguales. Medimos el tiempo aparente, sin embargo, como una proyección de este movimiento sobre el Ecuador.

Esta proyección llegará a un máximo donde los grandes círculos del Ecuador y la Eclíptica están paralelos, en los solsticios de verano e invierno, y llegará a un mínimo donde los grandes círculos alcanzan su mayor ángulo, en los equinoccios.

El Sol estará en el meridiano al mediodía en ambos solsticios y equinoccios y por lo tanto la Ecuación del Tiempo debida a la Oblicuidad será cero en esos momentos. Entre los solsticios y los equinoccios el Sol se retrasará con respecto a la hora del reloj, con mínimos cerca del 5 de Febrero y del 5 de Agosto. Entre los equinoccios y los solsticios el Sol se adelantará a los relojes, con máximos cerca del 5 de Mayo y del 5 de Noviembre.

d) La Ecuación del Tiempo debida al Movimiento Desigual:

La órbita de la Tierra alrededor del Sol es una elipse. La distancia entre la Tierra y el Sol llega a su mínimo (perigeo) el 31 de Diciembre y es máxima (apogeo) el 1 de Julio.

La Longitud aparente del Sol cambia más rápidamente cuando la Tierra está más cerca del Sol. El Sol estará en el meridiano al mediodía en estas dos fechas y por lo tanto la Ecuación del Tiempo debida al Movimiento Desigual



será entonces cero. Entre el 31 de Diciembre y el 1 de Julio el Sol se retrasará con respecto a la hora de los relojes, con un mínimo cerca del 31 de Marzo. Entre el 1 de Julio y el 31 de Diciembre el Sol se adelantará con respecto a la hora de los relojes, con máximo cerca del 30 de Septiembre.

e) Resumen de La Ecuación del Tiempo:

El total de estos dos efectos da la Ecuación del Tiempo, que se define formalmente como la diferencia entre la hora de los relojes y la hora Solar aparente. La Ecuación del Tiempo tiene la forma de la curva mostrada abajo (figura 3.6). Es cero en Abril 16, Junio 15, Septiembre 1, y Diciembre 25, y tiene máximos y mínimos cerca de Febrero 12, Mayo 15, Julio 27, y Noviembre 4.

La Ecuación del Tiempo (el total de los dos efectos de arriba):

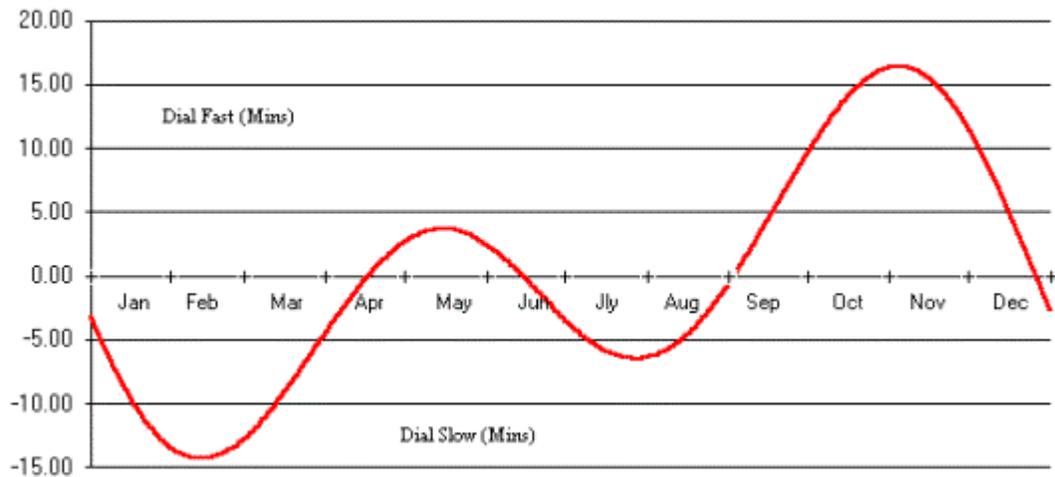


Figura 3.6 resumen ecuación del tiempo tabla

3.2. Sistemas de automatización existentes

3.2.1. Principios detrás de los mismos



3.2.1 Trayectoria del sol

Es un concepto dependiente de la variabilidad del ángulo que forma el eje de rotación de la tierra, que no siempre es perpendicular, con el plano de su trayectoria de traslación con respecto al sol. La inclinación de este eje es lo que produce las estaciones del año, las variaciones en horas solares y el ángulo de la radiación solar.

El plano de la eclíptica en el cual se mueve aparentemente el sol forma un ángulo de $23^{\circ} 26'$ con el plano del ecuador. Por tanto este astro solo puede hallarse en el cenit de un observador ecuatorial cuando pasa por la intersección de ambos planos (línea de los equinoccios), lo que ocurre sobre el 20 ó 21 de marzo cuando el Sol pasa del hemisferio sur al norte, y el 22 ó 23 de septiembre cuando pasa del norte al sur. Entre esos dos momentos, el día 20 ó 21 de junio el Sol alcanza en el hemisferio sur su máxima declinación (distancia angular al ecuador) lo que ocurre para el hemisferio sur el 21 ó 22 de diciembre.

El día que el Sol cruza el ecuador, el movimiento de rotación de la Tierra le hace describir una trayectoria ecuatorial aparente, con una declinación de 12 h por encima del horizonte y 12h por debajo, en cualquier latitud. Si es marzo, a partir de esa fecha el Sol culmina más alto en los lugares del hemisferio norte y cada vez más bajo sobre el hemisferio sur. Los días se alargan en el norte y acortan en el sur. Por si fuese poco los rayos solares caen cada vez más perpendiculares en el norte y más rasantes en el sur. La consecuencia de este proceso es un calentamiento primaveral del norte y un enfriamiento otoñal del sur, lo cual prosigue hasta el 22 de junio. En esta fecha el Sol pasa por el solsticio de verano y se inicia en el norte esa estación mientras en el sur comienza el invierno.

El Sol ese día alcanza en el hemisferio norte su máxima altura sobre el horizonte alcanzando al mediodía el cenit en el Trópico de Cáncer, es decir el paralelo $23^{\circ}26'N$. Todas las regiones situadas a latitud mayor que $66^{\circ}33'N$



(correspondientes al círculo polar Ártico) reciben permanentemente la luz del Sol. En el resto del hemisferio los días son los más largos y las noches las más cortas. En el hemisferio austral por el contrario la situación es totalmente la contraria, es invierno, los días cortos y las noches largas, en el círculo polar Antártico es noche permanente.

A partir de esa fecha, la declinación solar disminuye y en consecuencia el sol culmina cada vez a menor altura en el norte y a mayor altura en el sur. El 22-23 de Septiembre el sol vuelve a estar en el Ecuador y los días y las noches duran igual en los dos hemisferios. Las temperaturas en el norte han ido bajando y subiendo en el sur. Al llegar el 21 de diciembre entra el invierno en el hemisferio norte y el verano en el sur produciéndose la situación inversa a la del 21 de junio. Por último se llega al 21 de marzo donde comienza de nuevo el ciclo anual. Este ciclo presenta ciertas irregularidades inherentes a la órbita terrestre que es una elipse con el sol ocupando uno de los focos.

Las estaciones varían su inicio porque el año civil dura 365 o 366 días mientras el año astronómico o trópico dura 365,2422 días.

Como el año bisiesto dura más que el astronómico, después de un año bisiesto las estaciones empiezan antes. Luego con cada año normal las estaciones retrasan su inicio unas 6 horas, de modo que en los tres años normales retrasan su inicio 18 horas, hasta que un nuevo año bisiesto devuelve su inicio casi al momento de empezar el ciclo.

3.2.2. Seguidor fotovoltaico

Es un dispositivo mecánico capaz de orientar paneles fotovoltaicos de forma que éstos permanezcan aproximadamente perpendiculares a los rayos solares, siguiendo al sol desde el este en la alborada hasta el oeste en la puesta. Existen de varios tipos: En dos ejes (2x): la superficie se mantiene siempre perpendicular al sol. Existen de dos tipos:



- a) **Monoposte:** un único apoyo central.
 - b) **Carrusel:** Varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.
- **En un eje polar (1xp):** la superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de giro es de 15° por hora, como la del reloj.
 - **En un eje acimutal (1xa):** la superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.
 - **En un eje horizontal (1xh):** la superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

3.2.2.1. Rentabilidad del seguimiento solar

El coste y la energía generada dependen del tipo de seguidor. De forma general, se suele admitir que el seguimiento acimutal recoge de un 10% a un 20% más que las estructuras fijas.

Los seguidores acimutales pueden llegar hasta el 25%.

Entre los distintos seguidores a dos ejes existen variaciones de entre el 30% y el 45% de incremento de producción frente a las instalaciones fijas, así



como variaciones importantes en el coste de los equipos y de las cimentaciones.

Los parámetros más importantes para comparar los seguidores solares son:

- Incremento de producción de energía
- Coste del equipo e instalación del mismo
- Resistencia al viento
- Disponibilidad
- Mantenibilidad

3.2.3. Celóstato

Es un aparato consistente fundamentalmente en dos espejos, uno de ellos dotado de un motor de seguimiento de periodo 48 h, cuya misión es enviar la luz del sol (o de una región de cielo) en una dirección fija donde se encuentra un telescopio que produce las imágenes. Este telescopio está fijo y puede disponer de un espectrógrafo de alta resolución para observar el espectro de Sol.

El espejo primario y su montura tienen la misión de reflejar la luz en una dirección dada, al menos durante un día.

El espejo secundario y su montura tienen la misión de recoger el haz del primario y mandarlo en una dirección fija (durante todo el año), donde podremos colocar otro instrumento astronómico que recoja la luz.

3.2.4. Seguidor de reflexión solar

Es un dispositivo dedicado a orientar un reflector solar hacia el sol (figura 3.8). La posición del sol en el cielo varía con las estaciones, elevación, y hora mientras que el sol se mueve a través del cielo. El equipo accionado por los rayos solares funciona cuando está señalado en o cerca del sol, así que



un seguidor solar puede aumentar la eficacia de tal equipo sobre uno de posición fija. Hay muchos tipos de seguidores solares sus costos varían dependiendo de la sofisticación y del funcionamiento.

Un tipo bien conocido de seguidor solar es el heliostato, un espejo movable que refleja el sol móvil a una localización fija, solamente muchos otros acercamientos se utiliza también.

La exactitud requerida del seguidor solar depende del uso.

Los concentradores, requieren un alto grado de exactitud asegurarse de que la luz del sol concentrada esté dirigida exactamente al dispositivo accionado, y asegurarse de que está en el punto focal del reflector o de la lente.

Al menos el seguir al sol puede mejorar substancialmente la cantidad de energía producida por un sistema. El uso de seguidores es generalmente una decisión de la ingeniería basada en la economía. Comparado al fotovoltaico, los seguidores pueden ser relativamente baratos. Esto los hace especialmente eficaces para los sistemas fotovoltaicos usando los paneles de alta eficiencia.

Para los usos termales solares a baja temperatura, no se utilizan los seguidores generalmente, debido al costo relativamente alto de los mismos, en este tipo de sistemas. Algunos seguidores solares pueden funcionar con eficacia pero requieren de un ajuste de posición estacional y la mayoría necesitarán la inspección y la lubricación sobre una base anual.

3.2.4.1. Tipos de seguidores solares

Los seguidores solares pueden ser activos o pasivos y pueden ser de solo un eje o eje dual. Los seguidores de un solo eje utilizan generalmente un



montaje polar para la eficacia solar máxima. Estos tendrán generalmente un ajuste de la elevación y un segundo eje que se ajuste en intervalos regulares a través del año. Comparado a un montaje fijo, un solo seguidor del eje aumenta la eficacia aproximadamente 30%, y el seguidor dual del eje un 6% adicional.

3.2.4.2. Tipos de impulsión en los seguidores solares

a) Seguidores activos:

Utilizan los motores y los trenes de engranaje para dirigir al seguidor según lo ordenado por un regulador que responde a la dirección solar.

Utilizan a los seguidores con dos ejes activos también para orientar helióstatos (ver 2.5.), Pues cada espejo contenido en los mismos, tendrá una orientación individual, éstos se controlan a través de un sistema informático central, que también permite que el sistema sea cerrado cuando es necesario.

b) Seguidores pasivos:

Utilizan un líquido comprimido punto de bajo punto de ebullición del gas que se conduzca a un lado o al otro, por el calor solar que crea la presión de gas, para hacer al seguidor moverse en respuesta a un desequilibrio. Éstos tienen apagadores viscosos para prevenir el movimiento excesivo en respuesta a las ráfagas del viento. El o los reflectores que se utilizan para reflejar luz del sol temprano por la mañana son colocados en posición ya que el sistema “despierta” entonces este lo inclina hacia el sol, esta operación puede tomar casi una hora.

c) Seguidor cronológico:

Un seguidor cronológico contraría la rotación de la tierra dando vuelta en una tarifa igual como la tierra, pero en la dirección opuesta. Las tarifas no son



realmente absolutamente iguales, porque como la tierra circunda el sol, la posición del sol cambia con respecto a la tierra por 360° cada año o 365.24 días. Un seguidor cronológico es un seguidor solar muy simple. El método de la impulsión puede ser tan simple como un motor, en donde el engranaje rote en un índice medio muy lento de una revolución por día (15 grados por hora). En teoría el seguidor puede rotar totalmente. Un problema es que se desajusta continuamente, se puede reajustar cada día para evitar estos. Alternativamente, un regulador electrónico se puede utilizar.



Figura 3.8 Seguidor solar

3.3. Principales Sensores, componentes, esquemas aplicados en el prototipo

3.3.1. Sensor de luz (fotorresistencia)

Una fotorresistencia es un componente electrónico cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de luz incidente. Puede también ser llamado fotorresistor, fotoconductor, célula fotoeléctrica o resistor dependiente de la luz, cuyas siglas (LDR) se originan de su nombre en inglés light dependent resistor.



Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por la elasticidad del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta (y su hueco asociado) conduce electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia.

Un dispositivo fotoeléctrico puede ser intrínseco o extrínseco. En dispositivos intrínsecos, los únicos electrones disponibles están en la banda de la valencia, por lo tanto el fotón debe tener bastante energía para excitar el electrón a través de toda la banda prohibida. Los dispositivos extrínsecos tienen impurezas agregadas, que tienen energía de estado a tierra más cercano a la banda de conducción puesto que los electrones no tienen que saltar lejos, los fotones más bajos de energía (es decir, de mayor longitud de onda y frecuencia más baja) son suficientes para accionar el dispositivo.

Se fabrican de diversos tipos. Se pueden encontrar células baratas de sulfuro del cadmio en muchos artículos de consumo, por ejemplo cámara fotográfica, medidores de luz, relojes con radio, alarmas de seguridad y sistemas de encendido y apagado del alumbrado de calles en función de la luz ambiente. En el otro extremo de la escala, los fotoconductores de Ge:Cu son los sensores que funcionan dentro de la gama más baja “radiación infrarroja”.

3.3.2. LM741

Este dispositivo es un amplificador de propósito general bastante conocido y de uso muy extendido. Sus parámetros son bastante regulares, no teniendo ninguno que sea el mejor respecto a los de los demás, pero en conjunto presenta una alta impedancia de entrada, pequeños offset (de corriente y de voltaje) en la entrada y buenos parámetros.



La manera más sencilla de construir un comparador consiste en conectar un amplificador operacional sin resistencias de realimentación (figura 3.9).

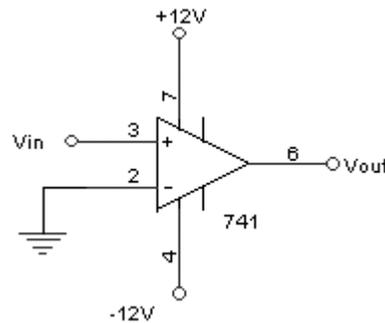


Figura 3.9 LM741

Cuando empezamos a estudiar los amplificadores operacionales dijimos que un operacional "lee" la tensión en la entrada +, le resta la tensión de la entrada - y el resultado lo multiplica por un número muy grande para sacarlo después en forma de tensión por la salida. En el LM741 este número está en torno al 100000. Claro, según lo que acabamos de decir, si V_{in} es 1 voltio la salida tendría que ser de 100000 voltios, esto es absurdo: existe una tensión máxima de salida del operacional de la que nunca pasará. A esta tensión se le llama "tensión de saturación" (V_{sat})

Esta tensión de saturación vendrá determinada por la tensión de alimentación y por el tipo de operacional que utilices. En el caso del 741 alimentado a $\pm 12V$ la V_{sat} es de unos 10V. Por lo tanto, cuando V_{in} sea mayor que 0 la salida se disparará a $+V_{sat}$, y cuando sea inferior a 0 la salida se disparará a $-V_{sat}$: Estamos comparando V_{in} con una señal de referencia que, en este caso, es 0.

Ahora vamos a alimentar el circuito anterior con tensión simple de 15V y vamos a poner unas resistencias para poder variar la tensión de referencia (V_{ref}) (figura 3.10).

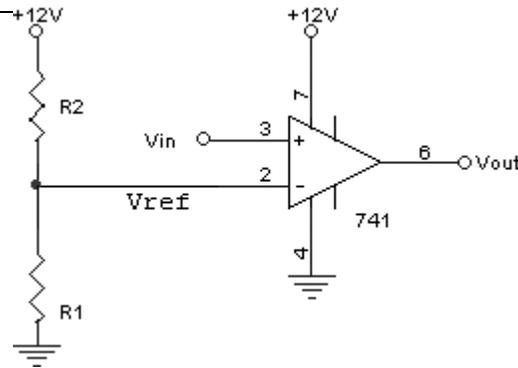


Figura 3. 10 LM741

Como la corriente que entra al operacional es 0 la V_{ref} vendrá dada por la siguiente expresión:

$$V_{ref} = 12 * \{R1 / (R1+R2)\}$$

Cuando la tensión de entrada V_{in} sea mayor que la de referencia $\Rightarrow V_{in} - V_{ref}$ dará un número positivo y por lo tanto la tensión de salida estará a nivel alto (cercano a 12 voltios)

Cuando la tensión de entrada V_{in} sea menor que la de referencia $\Rightarrow V_{in} - V_{ref}$ dará un número negativo y por lo tanto la salida estará a nivel bajo (cercano a 0 voltios)

3.3.3. Puente H

Un circuito electrónico que permite a un motor eléctrico DC girar en ambos sentidos, avance y retroceso. Son ampliamente usados en robótica y como convertidores de potencia. Los puentes H están disponibles como circuitos integrados, pero también pueden construirse a partir de componentes discretos.

Dentro del proyecto se hicieron pruebas con tres tipos de puentes H:

a) Puente H con transistores NPN:



El Puente H formado de transistores NPN (figura 3.11), se utiliza para cambiar de giro un motor de Corriente Directa(CD), a diferencia de los relés los transistores tienen un tiempo de reacción mucho mejor por no tener partes mecánicas que hagan contacto al aplicarles una corriente eléctrica, su funcionamiento es sencillo simplemente activamos la base de los transistores y estos dejan pasar la corriente, si aplicamos tensión en el Q1 y Q4 el motor dará el giro hacia la izquierda, por el contrario al aplicar tensión en Q2 y Q3 el motor dará el giro hacia la derecha, este circuito está diseñado para motores de 3V a 5V.

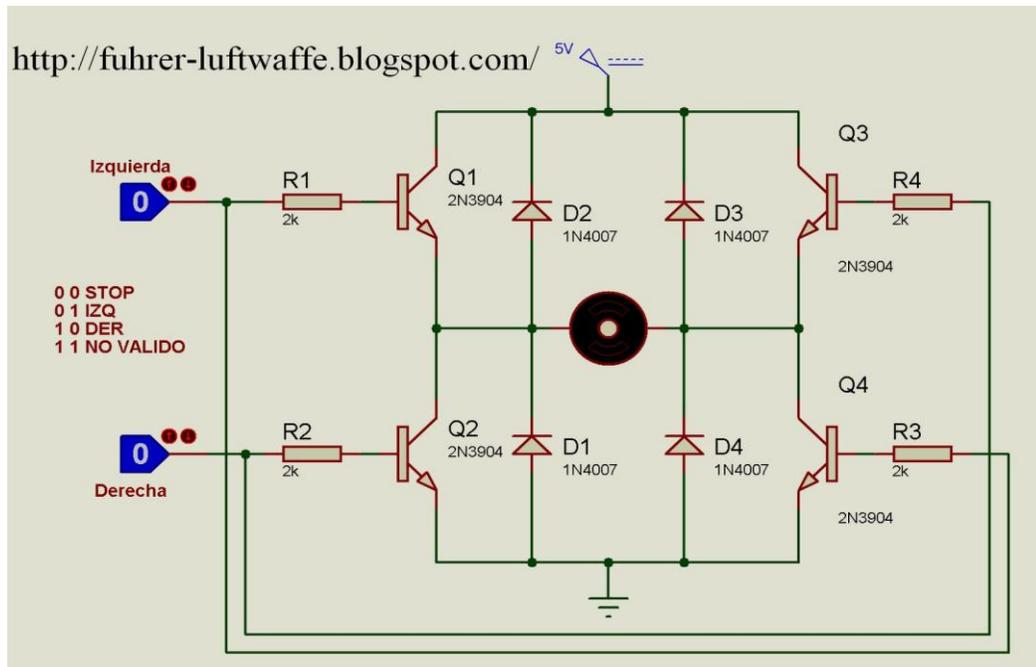


Figura 3.11 puente H con transistores

Este circuito resulto insuficiente para el proyecto; presenta las siguientes desventajas:

- Calentamiento en exceso
- Bajo rendimiento

b) I293D



El integrado L293D (figura 3.12), incluye cuatro circuitos para manejar cargas de potencia media, en especial pequeños motores y cargas inductivas, con la capacidad de controlar corriente hasta 600 mA en cada circuito y una tensión entre 4,5 V a 36 V.

Los circuitos individuales se pueden usar de manera independiente para controlar cargas de todo tipo y, en el caso de ser motores, manejar un único sentido de giro. Pero además, cualquiera de estos cuatro circuitos sirve para configurar la mitad de un puente H. El integrado permite formar, entonces, dos puentes H completos, con los que se puede realizar el manejo de dos motores. En este caso el manejo será bidireccional, con frenado rápido y con posibilidad de implementar fácilmente el control de velocidad.

Las salidas tienen un diseño que permite el manejo directo de cargas inductivas tales como relés, solenoides, motores de corriente continua y motores por pasos, ya que incorpora internamente los diodos de protección de contracorriente para cargas inductivas.

Las entradas son compatibles con niveles de lógica TTL. Para lograr esto, incluso cuando se manejen motores de voltajes no compatibles con los niveles TTL, el chip tiene patas de alimentación separadas para la lógica (VCC2, que debe ser de 5V) y para la alimentación de la carga (VCC1, que puede ser entre 4,5V y 36V).

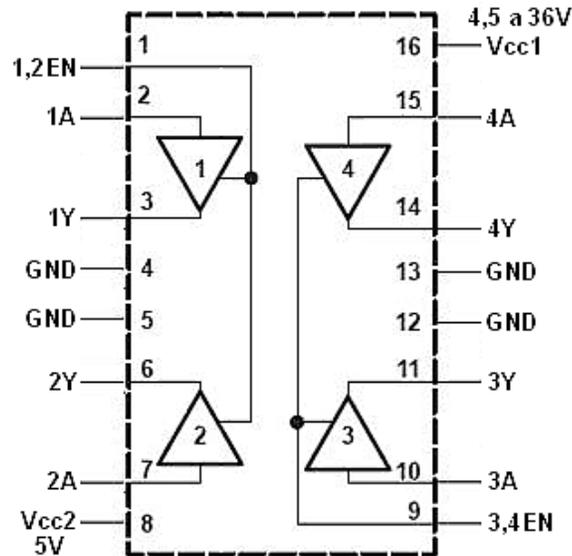


Figura 3.12 L293D

c) Puente H con relevadores:

El empleo de relevadores (figura 3.13), no resulta práctico para la robótica porque tienen un elevado tiempo de respuesta y son susceptibles de problemas mecánicos. Por esto se emplean, o bien, relevadores de estado sólido o circuito Puente H. El puente H está construido a base de transistores NPN o con una combinación de ellos. Existe también en el mercado circuitos integrados que ya contienen internamente el puente H, por ejemplo, entre otros, el circuito L293.

Sin embargo para este proyecto fue sumamente útil ya que aun que presenta las anteriores fallas este es un elemento de baja velocidad de respuesta lo que fue necesario para el mismo

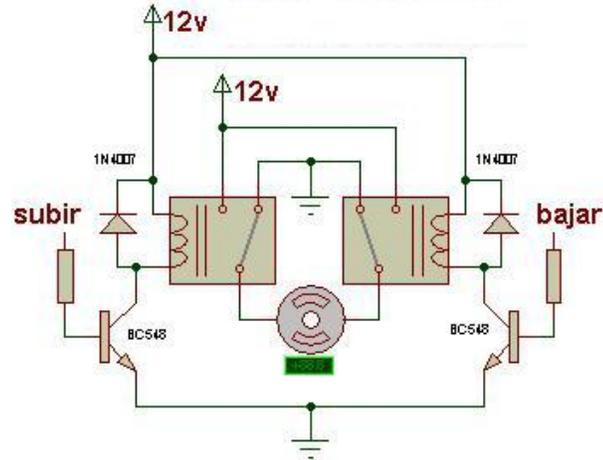


Figura 3.13 puente H con relés

La principal ventaja de los relés respecto a los transistores es que no se produce caída de tensión, independientemente de la potencia usada. Esto supone un pequeño ahorro para los sistemas alimentados por baterías, aprovechando toda la tensión de la batería, aunque puede ser un factor no determinante y casi despreciable. Por lo general admiten mayor potencia y no se calientan. Aunque los relés en general son más lentos, tienen desgaste mecánico, generan demasiado ruido electrónico y ocupan demasiado espacio.

3.3.4. Motorreductor

Podría decirse que los motores son como el „corazón de la industria“. Pero ese „corazón“ tiene diferentes ritmos y funciona a distintas velocidades, dependiendo del uso que se le quiera dar. Por eso los reductores de velocidad son indispensables en todas las industrias del país, desde los que producen cemento hasta los laboratorios de medicamentos requieren en sus máquinas estos mecanismos.

Los reductores son diseñados a base de engranajes, mecanismos circulares y dentados con geometrías especiales de acuerdo con su tamaño y la función en cada motor.



Sin la correcta fabricación de los motorreductores, las máquinas pueden presentar fallas y deficiencias en su funcionamiento. La presencia de ruidos y recalentamientos pueden ser aspectos que dependan de estos mecanismos, de allí la importancia del control de calidad.

El desarrollo de esta máquina y del sistema inteligente de medición le permite a las empresas ser mucho más competitivas y aumentar sus conocimientos.

En pocas palabras los reductores son sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos funcionen a diferentes velocidades para los que fueron diseñados.

Rara vez las máquinas funcionan de acuerdo con las velocidades que les ofrece el motor, por ejemplo, a 1.800, 1.600 o 3.600 revoluciones por minuto. La función de un motorreductor es disminuir esta velocidad a los motores (50, 60, 100 rpm) y permitir el eficiente funcionamiento de las máquinas, agregándole por otro lado potencia y fuerza.

Reductor de velocidad: Los Reductores o Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes. Al emplear reductores o motoredutores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:



-
- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
 - Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
 - Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
 - Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
 - Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo motorreductor un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor.

Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050). Bajo pedido se puede mejorar la clase de protección en los motores y unidades de reducción.

A continuación se muestran los motores adquiridos y probados durante las pruebas con lo cual se decidió utilizar el de mejores características (figura 3.14).



Figura 3.14 motores probados

3.3.5. Sensor de viento (construcción propia)

Este fue realizado basado en las necesidades del proyecto como un sistema de seguridad para la protección para el motor (figura 3.14), en dos formas diferentes: como un detector de viento y como un controlador de velocidad (inercia); este es básicamente un simple sensor de contacto y consiste en un péndulo y una aleta plástica, los cuales al moverse tocan unas escobillas de cobre las cuales desactivan la energía que llega al motor:

El sensor siempre tiende a moverse un poco. Debido a la inercia, la separación entre las escobillas y el peso del péndulo, permiten una tolerancia de velocidad por lo que este actúa como un relativo controlador de velocidad ya que no permite que el motor se exceda de revoluciones.



Generalmente casi nunca ocurre esto ya que el motor es un motorreductor y estos no avanzan a grandes velocidades.

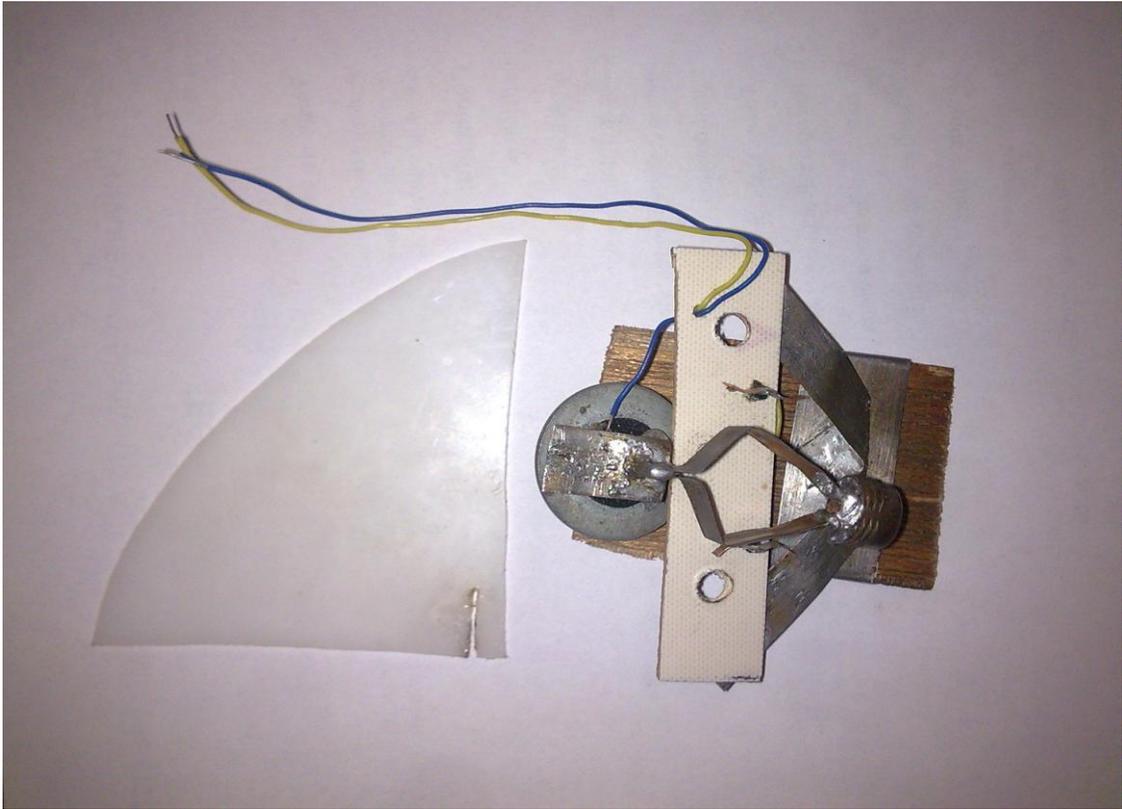


Figura 3.14 sensor de viento



Capítulo 4

*Implementación de
propuesta
experimental*



Capítulo 4. Implementación de propuesta experimental

4.1. Diseño

El principio de este se basó en tratar de maximizar la eficiencia de los reflectores y lentes solares, haciendo que este pudiera seguir la trayectoria del sol, (básicamente una especie de heliostato) y así crear un sistema independiente de muchas de las variables y pueda servir además como apoyo a sistemas existentes como calentadores, sobre todo de que este pudiese ser manipulado por cualquier persona sin necesidad de que la misma tenga conocimientos técnicos o de ingeniería, y solo requiera apretar el botón de inicio para que este comience a funcionar automáticamente.

Otros aspectos que se tomaron para su creación fueron los siguientes:

- Diseño moderno
- Bajo peso
- Fácil transportación
- Fácil armado
- Adaptabilidad a diversos tipos de reflectores y lentes existentes
- Sistemas de protección contra vientos moderados
- Independencia de la red local de energía eléctrica (pequeño sistema fotovoltaico con batería)
- Alto rendimiento
- Bajo mantenimiento
- Bajo costo
- Uso de luces indicadoras de encendido y quizá una pequeña pantalla (display), en donde se indique la temperatura, luz y energía consumida por el sistema.

El aspecto más estudiado dentro del mismo fue el diseño de los llamados perseguidores solares (mencionados en el capítulo 3), como funcionan y el



tipo de sistemas de control que utilizan. Sin embargo se prefirió usar otro sistema que solo detectara luz, ya que así no se depende de un ordenador central o del clima para controlarlo.

El proyecto sufrió un continuo proceso de cambios en su diseño debido a falta de piezas, por así decirlo, con lo cual se obtuvieron dos diseños principales de los cuales solo se dejó el de mejor rendimiento y mayor movilidad. El diseño final consiste en una serie de sistemas conjuntos de los cuales destacan tres:

a) Reflectores utilizados:

Dentro del proyecto se tomaron en consideración varios diseños de reflectores existentes, tratando de tomar los mejores aspectos de cada uno, el problema principal fue la obtención de láminas metálicas pulidas o lentes especiales, utilizados en los mismos para su uso como reflectores o concentradores solares, así que se hicieron pruebas con objetos cotidianos que pudiesen ser utilizados como son: láminas de acero galvanizado, espejos planos o comunes y un compuesto basado en fibra de vidrio, papel bond y aluminio:

- **Reflector compuesto:** este fue basado en la idea inicial de los hornos solares caseros, ya que en la construcción de los mismos se utiliza principalmente papel aluminio como material reflectante, por su fácil adquisición y bajo costo, además la implementación de fibra de vidrio ya que anteriormente he utilizado este material para crear pantallas para lámparas.
- **Espejo plano o común:** Sin duda este es la primera opción que se tomó en consideración su alta capacidad de reflexión de la luz de



hasta el 95% (ver 2.6.1.), pero tiene un gran problema con el peso y su fragilidad ya que lo que se busca es un sistema liviano y portable.

Los espejos utilizados en las pruebas fueron uno en forma redonda de 35 cm de radio y uno rectangular de 45 x 40 cm (figura 4.1)

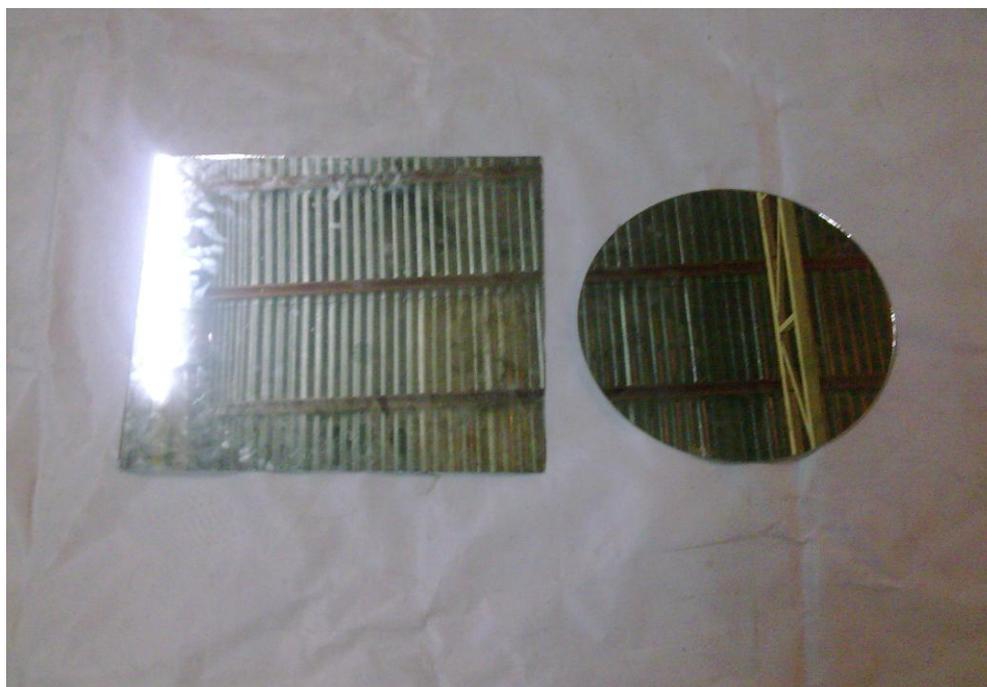


Figura 4.1 espejos utilizados

B) Soporte:

Es la parte principal del sistema en donde se localizan la mayoría de los componentes electrónicos como sensores luces indicadoras y por supuesto el reflector solar (figura 4.2), esta fue hecha en su mayoría con materiales livianos como es madera contrachapada, barras de aluminio y plástico, placas delgadas de acero, caucho entre otros materiales.

Está diseñado para ser integrado con diversos reflectores o lentes, sobre todo redondos o parabólicos, una de las ideas principales era integrar una lente Fresnel plástica de 1m de largo, ya que creo es la mejor opción para un



sistema como este, y de este tamaño por su gran potencia en un haz de luz muy concentrado, el cual podría almacenarse en aceite o sales, las cuales conservan prolongadamente el calor. El problema de estas lentes es su alto costo, que rebasa los 130 dólares americanos, además de su transportación desde EU

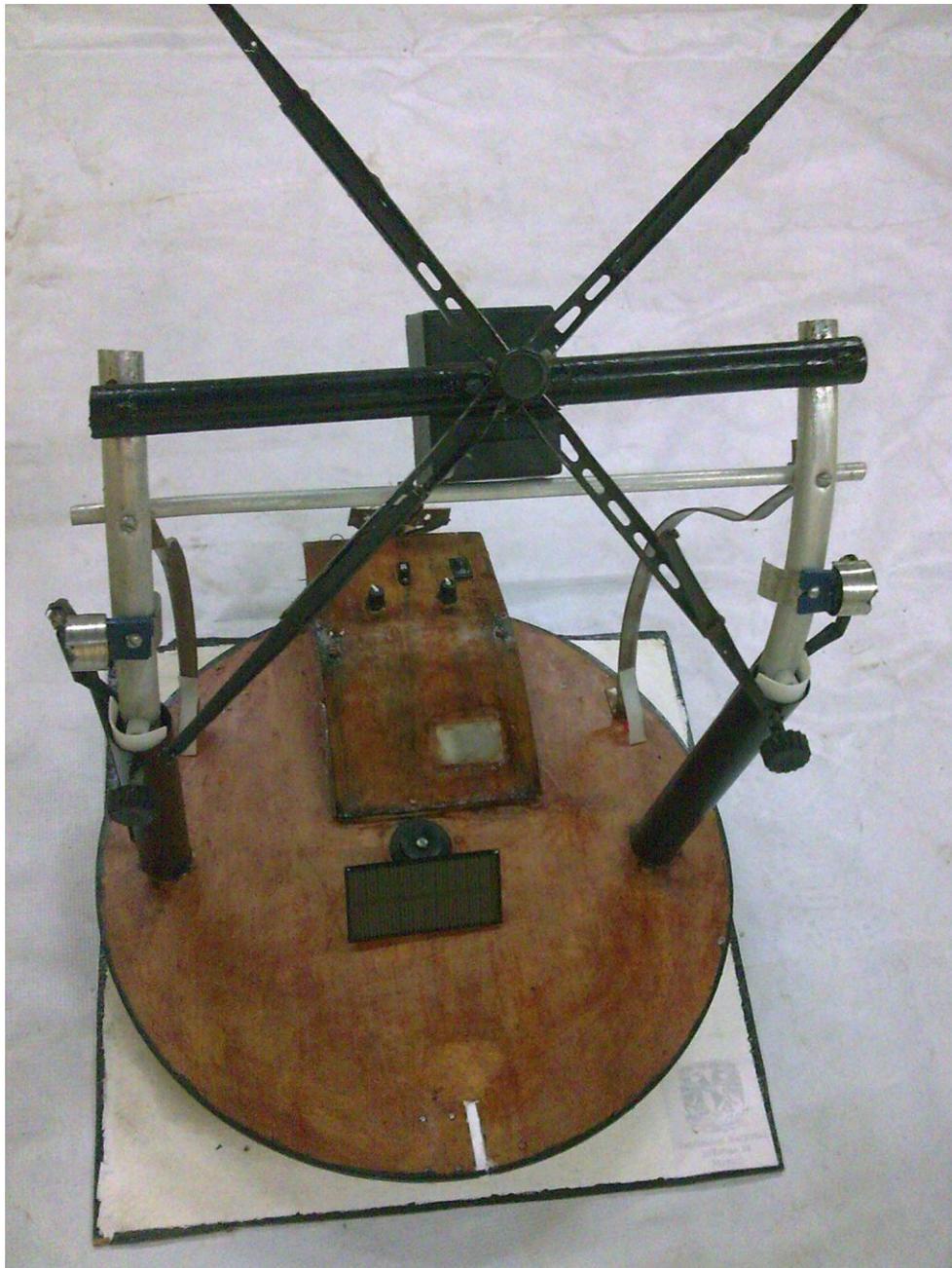


Figura 4.2 soporte.



- Componentes de la base (figura 4.3):

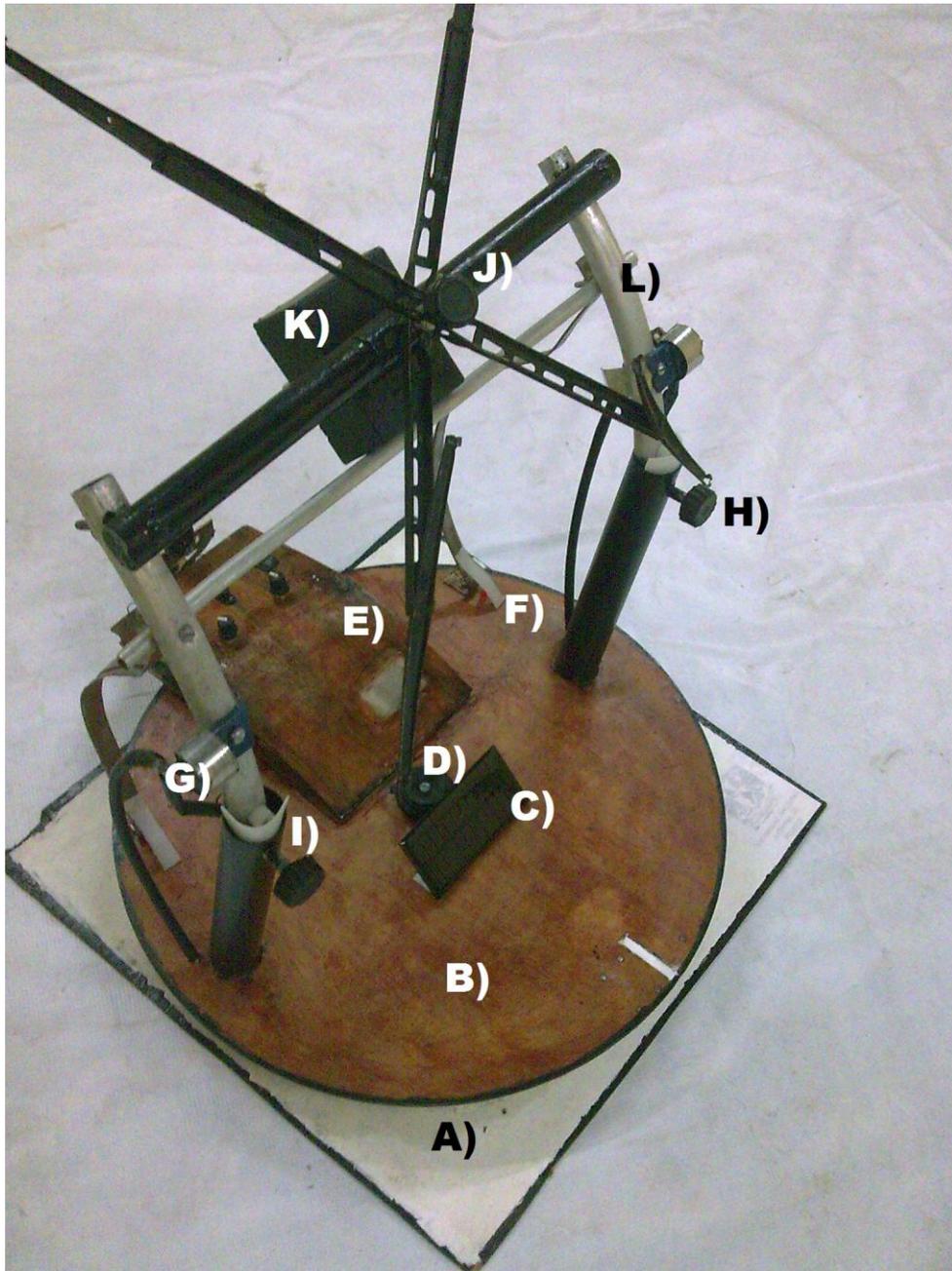


Figura 4.3 componentes de la base

- A. Base fija
- B. Base móvil
- C. Celda solar
- D. Amortiguador



- E. Panel y sistema de control**
- F. Luces indicadoras del sensor de viento**
- G. Sensores de luz**
- H. Ajustadores de altura**
- I. Luces parpadeantes**
- J. Soporte para espejos redondos o parabólicos**
- K. Caja de baterías**
- L. Refuerzos**

B) Sistema de control:

Este fue el aspecto más difícil de todo el proyecto, ya que todo recae en el sistema de control. Al inicio se tomó en consideración la posición del sol dependiendo de la zona geográfica y estación del año, ya que esta siempre varía de un lugar a otro, así que se tenía que pensar en una solución simple a este problema, independiente a estas variables.

La primera idea fue el uso de un microcontrolador y motores a pasos, para así cambiar la posición del aparato cada hora, a una tasa específica de grados; además de variaciones por altitud y zona geográfica, entonces solo un dispositivo como el ya mencionado podría manejar tantas variables, se comenzó la investigación tratando de utilizar brújulas para así tener una referencia de cómo colocar el aparato, además de investigar que otros tipos de sensores o transductores podrían ayudar al desarrollo de este concepto; sin embargo, se llegó a la conclusión de que se debían utilizar un mínimo de dos motores, pero se empezó a descartar esta solución ya que solo se tomaría una zona geográfica específica; después de analizar algunos otros sistemas como el que utiliza gas para detectar el calor del sol (capítulo 3), se pensó en el uso de termistores para detectar el calor del sol mediante un sistema de comparación térmica, y otro que usaría pistones sellados con gas, el cual al calentarse se expandiría, así haciendo que el pistón retrocediera y accionando un pequeño contacto, el cual accionaría a su vez el sistema pero



este también fue descartado por las variantes en la temperatura, con lo cual podría descontrolarse el sistema haciendo que por ejemplo este solo se activará en las horas de mayor calor, y así desperdiciando horas de radiación, por lo que la mejor solución fue el uso de luz, ya que de esta forma el sistema es independiente de la posición de la tierra con respecto al sol (estaciones del año) y de condiciones de clima variables.

La investigación se declinó a los relojes solares, ya que estos se basan en el movimiento del luz generando una sombra la cual indica la hora en la que se encuentra con la cual se podría saber la posición de este, así que al principio se pensó usar esta para ubicar la posición del sol, con una serie de sensores fijos, el problema con esta idea era que los relojes varían, dependiendo del lugar y estación del año, así que nuevamente surgían los mismos problemas.



Figura 4.4 sensores



Se observó que la sombra cambia de tamaño, ya que el sol cambia de posición. Si el reloj cambiara de posición siguiendo al sol la sombra nunca cambiaría, con esta idea se decidió realizar un circuito muy simple, el cual se activara en presencia de la luz y se apagara en presencia de la sombra, por lo que se estudiaron las diferentes sombras que se generaban, con diversas formas geométricas, para ver cuál formara una sombra que se pudiera utilizar en el sensor.

Así que las pruebas realizadas dieron como conclusión que la mejor era la de un medio cilindro, ya que esta forma una sombra en forma cóncava la cual fue la más efectiva con el uso de los sensores.

Está compuesta de lámina de acero moldeada en forma de medio cilindro con la capa superior en forma brillante para que rechace la luz del sol (figura 4.4), además de que impida que se caliente la parte interna, y así un posible daño en el sensor; la parte interna está pintada de negro para evitar falsos revotes de luz de alguna otra dirección y activar los sensores en un mal momento.

- **Esquema electrónico y funcionamiento:** con las pruebas exitosas con la detección del sensor, se comenzó a diseñar el sistema total de control basado en tres sensores: dos que se encargaran de detectar y orientar el modelo hacia el sol, y el otro es de respaldo por si el modelo es orientado en posición errónea o por así decir de espaldas, lo que giraría el motor hasta que los otros lo detectaran y éste entonces se desactivaría, un sensor de viento, el cual se mencionó antes, como sistema de seguridad. Una de las características principales del sistema es la de poderse ajustar a la densidad lumínica, lo que lo hace práctico para usarse en diversas zonas, ya que esta depende del lugar en el globo. El



aspecto negativo de esta característica es que se ajusta de manera manual todavía, y quizá con algún tipo de comparador lumínico sea capaz de superar la misma, esto hará hacerlo totalmente automático.

El circuito final resulto sencillo pero verdaderamente confiable, además de un bajo consumo energético y bajo costo; sumado a un sistema de baterías, las cuales autoalimentarían con una pequeña celda solar, lo que lo hace un sistema verdaderamente fiable para su futuro uso.

A continuación se muestra el esquema electrónico del mismo (figura 4.5):

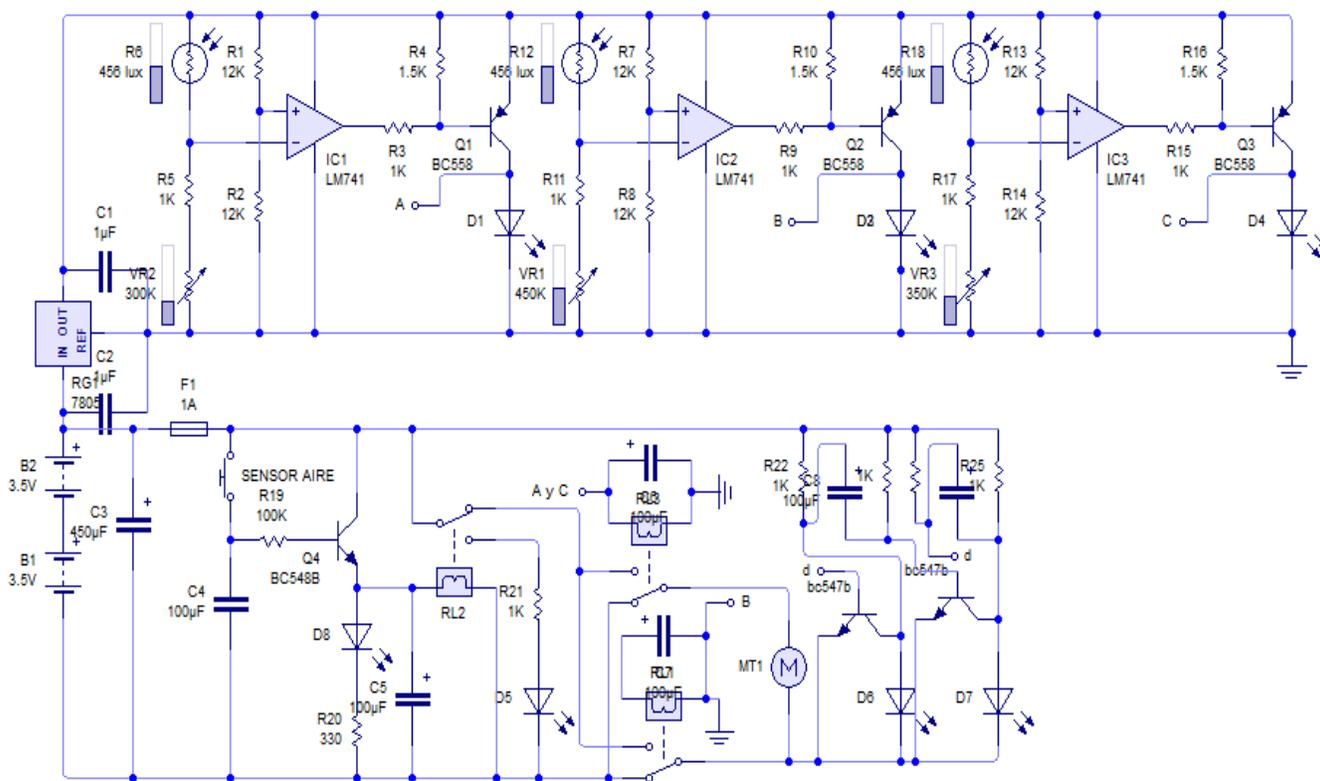


Figura 4.5 esquema electrónico del sistema de control.



A continuación se muestra una tabla con las características de funcionamiento del circuito:

Tabla 4.1 funcionamiento del sistema de control.

Sensor auxiliar de luz	Sensor de luz 1	Sensor de luz 2	Sensor de viento	Giro del motor
Desactivado	Activado	Desactivado	Desactivado	Derecha
Desactivado	Desactivado	Activado	Desactivado	Izquierda
Desactivado	Activado	Activado	Desactivado	Nulo
Desactivado	Desactivado	Desactivado	Desactivado	Nulo
Desactivado	Activado	Desactivado	Activado	Nulo
Desactivado	Desactivado	Activado	Activado	Nulo
Desactivado	Activado	Activado	Activado	Nulo
Desactivado	Desactivado	Desactivado	Activado	Nulo
Activado	Desactivado	Desactivado	Desactivado	Izquierda
Activado	Desactivado	Desactivado	Activado	Nulo

4.2 .Construcción con materiales disponibles

El aspecto fundamental de este proyecto fue la creación de este conjunto de sistemas a base de materiales de fácil adquisición y manipulación, ya que solo se contaba con herramientas básicas (taladro, martillo, seguetas, cautín, etc.).

4.2.1. Construcción del Reflector compuesto

Esta fue una de las partes más importantes de la investigación, ya que se logro conseguir una posible forma de bajar significativamente los costos, y el peso de un colector, simplemente mejorando el material reflectivo, ya que como se menciono antes, este fue hecho e papel aluminio y es sumamente difícil manipular un material tan delgado, ya que el mismo se maltrata con



mucha facilidad, causando una serie de imperfecciones haciendo que se reduzca significativamente su efectividad.

Es una hoja cuadrada de 58 x 60 cm y de 3 a 4 milímetros de espesor, compuesta de prácticamente de cuatro elementos fibra de vidrio en forma de una tela tejida delgada llamada manta moldeable, papel bond común, papel aluminio y resina epoxica.

Se eligieron los materiales por su bajo peso y sus diversas funciones; el aluminio como capa reflectante, el papel bond como una superficie lisa además de que absorbe el exceso de resina sobre el aluminio, lo que causaría abultamientos en el mismo; y finalmente, la fibra como material aislante y como refuerzo estructural.

En las pruebas se comprobó que el aluminio tiende a despejarse de la fibra de vidrio además de formar abultamientos y una estructura más débil. Cada una de estas requiere de alrededor de tres días de fabricación, uno en la unión de las partes y dos en el curado correcto de la resina.

En la siguiente fotografía (figura 4.6), se pueden apreciar los tres materiales en la parte superior el papel bond, en la inferior el papel aluminio, y por encima de las dos se ve la fibra de vidrio que es casi transparente.



Figura 4.6 partes del reflector compuesto

Los químicos que se utilizan para la creación de la resina que adhiere y recubre los materiales son:

- Resina de poliéster (aproximadamente 200 mililitros por reflector)
- Catalizador K-2000 (de 40 a 45 gotas por cada 200 mililitros de resina)
- Además de colorante color azul claro (de 40 a 50 gotas por cada 200 mililitros)

En la siguiente fotografía (figura 4.7), se muestran los químicos utilizados, dentro de la fabricación de los reflectores.



Figura 4.7 químicos

El proceso es el siguiente:

- Se prepara una superficie lisa y limpia en la que no se pueda pegar la resina o en dado caso encerar el área de trabajo.
- Se coloca con mucho cuidado una capa de papel aluminio sobre la superficie ya preparada cuidando de que la parte brillante se encuentre abajo
- Se recubre la capa de aluminio con el papel bond y se vierten aproximadamente 50 mililitros de resina preparada sobre el papel asegurándose de esparcir en forma pareja sobre toda la superficie de papel, hasta saturarla
- se pone una tercera capa de fibra de vidrio y se presiona ligeramente con un rodillo, rápidamente se coloca el resto de la resina (aproximadamente 150 mililitros), tratando de recubrir perfectamente toda la superficie.



- Finalmente se recubre todo el conjunto poco a poco con una bolsa plástica y se vuelve a presionar con el rodillo asegurándose de que no queden bolsas de aire, si no se usa la bolsa se corre el riesgo de que no recubran perfectamente todos los materiales con resina y la fibra termine con una textura rugosa y con muchas partes débiles.

En la siguiente fotografía (figura 4.8), se muestra el proceso final



Figura 4.8 proceso final

Aspectos negativos en la elaboración:

- Secado rápido de la resina (aproximadamente 20 minutos)
- Alta toxicidad de la resina y el catalizador
- Difícil remoción de superficies no tratadas
- Uso de solventes como tiner para limpieza del equipo utilizado



- Desprendimiento de pequeñas partículas de fibra de vidrio en el aire ya que este es muy delgado y tiende a hacer esto, lo que conlleva a altos daños en los pulmones sin protección.
- Uso de espacios amplios con buena ventilación ya que la resina deja un olor tóxico en el ambiente que dura aproximadamente 48 horas y puede causar náuseas y mareos.

En la siguiente fotografía (figura 4.9), se muestra el reflector terminado:



Figura 4.9 reflector terminado

4.2.2. Propiedades del material compuesto:

- Bajo peso
- Alta resistencia a condiciones climáticas
- Material con Memoria



- Alta flexibilidad
- Fácil limpieza

La propiedad más importante es que tiene la característica de conservar una forma que se le ha dado. Es muy sencillo hacer que este adquiera formas nuevas lo único que hay que hacer es calentar el material lo suficiente hasta que empiece a perder su rigidez y comience a hacerse flexible ya en esta condición simplemente se le puede colocar en un molde o darle alguna curva y esperar a que se enfríe así esta conservara la forma deseada. Con esto se pueden realizar pruebas con la mejor forma más eficiente en cuanto aprovechamiento energético.

4.2.3. Construcción del sistema de control

Después de tener una idea más clara de cómo funcionaría el sistema de control y de su diseño por computadora, el siguiente paso fue la realización de los circuitos en una serie de placas de cobre, ya que pareció más práctico dividir todos los sistemas en placas más pequeñas, para poder utilizarlas en diversas partes, que en una sola grande, la cual aunque más eficiente también abarcaría un mayor espacio, y además en caso de que fallara una de las placas, solo se tendría que rediseñar esa parte y no toda la placa nuevamente.

En las siguientes fotografías se muestra el diseño y fabricación de la placa de sensores. En la primera (figura 4.10), se muestra la placa de cobre con el diseño del circuito ya terminada y en la segunda (figura 4.11), se muestra la misma placa pero ya con todos los componentes colocados y soldados.

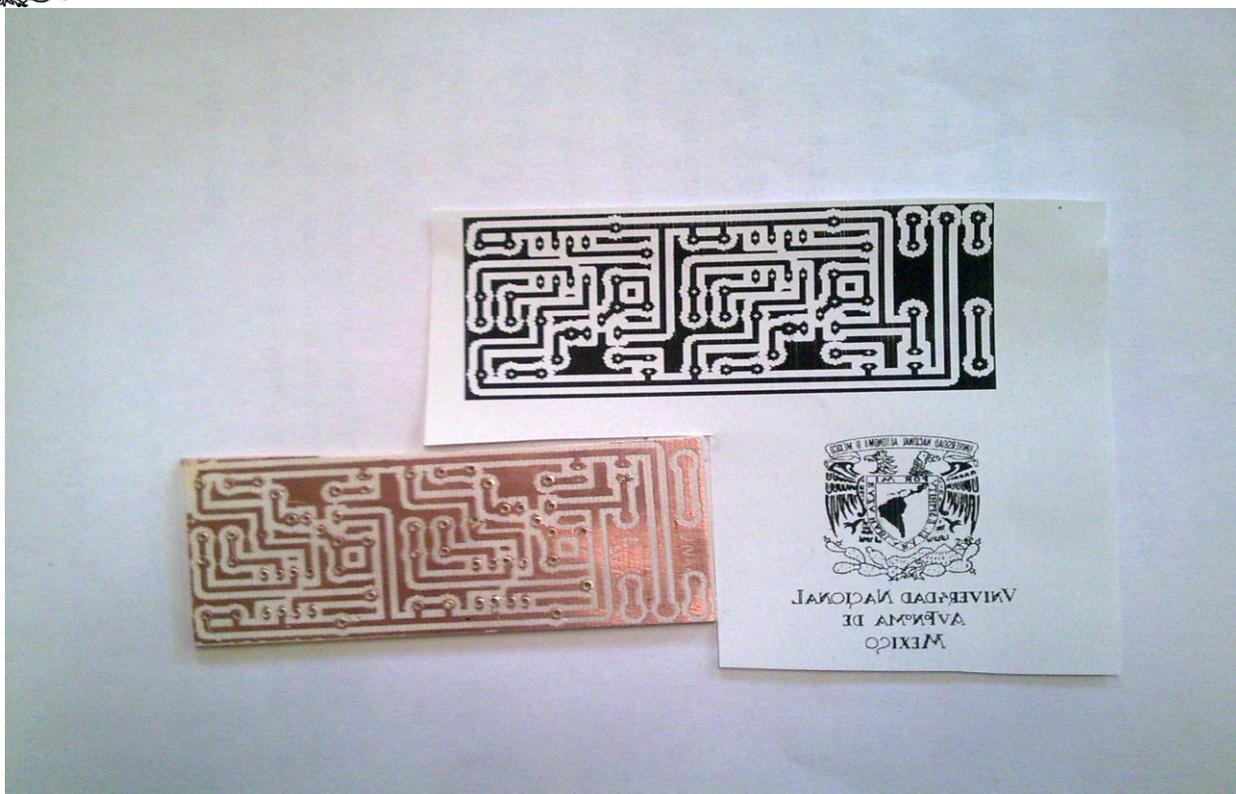


Figura 4.10 placa

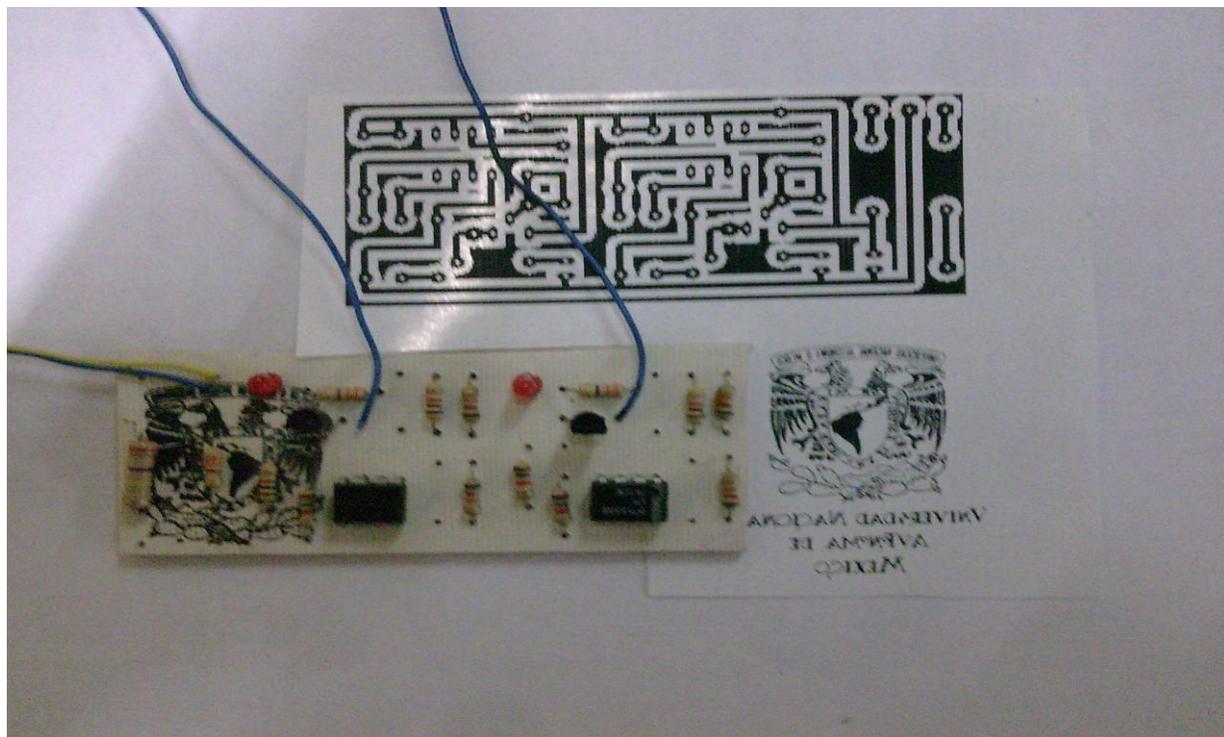


Figura 4.11 sensores terminados



4.2.3.1. Elección y fabricación del Puente H

Después de una serie de pruebas con diferentes tipos de puentes H tanto integrados como a base de transistores, se llegó a la conclusión que la mejor opción para el proyecto, era el experimentado con relevadores, ya que este permite una mayor potencia y un menor consumo energético, a diferencia de los otros sistemas, su consumo es nulo mientras no sean activadas las bobinas, además de que los otros tipos de puentes tienden a calentarse mucho con el tipo de motor utilizado.

El sistema (figura 4.12), no requiere de una rápida respuesta por parte del mismo, como en el caso de robótica o sistemas más complejos, ya que este solo necesita moverse aproximadamente cada media hora tan solo unos pocos grados, con lo que se convierte en la mejor opción. También tiene grandes desventajas en cuanto a costos y fallas mecánicas dentro de los relevadores y falsas respuestas de los mismos.

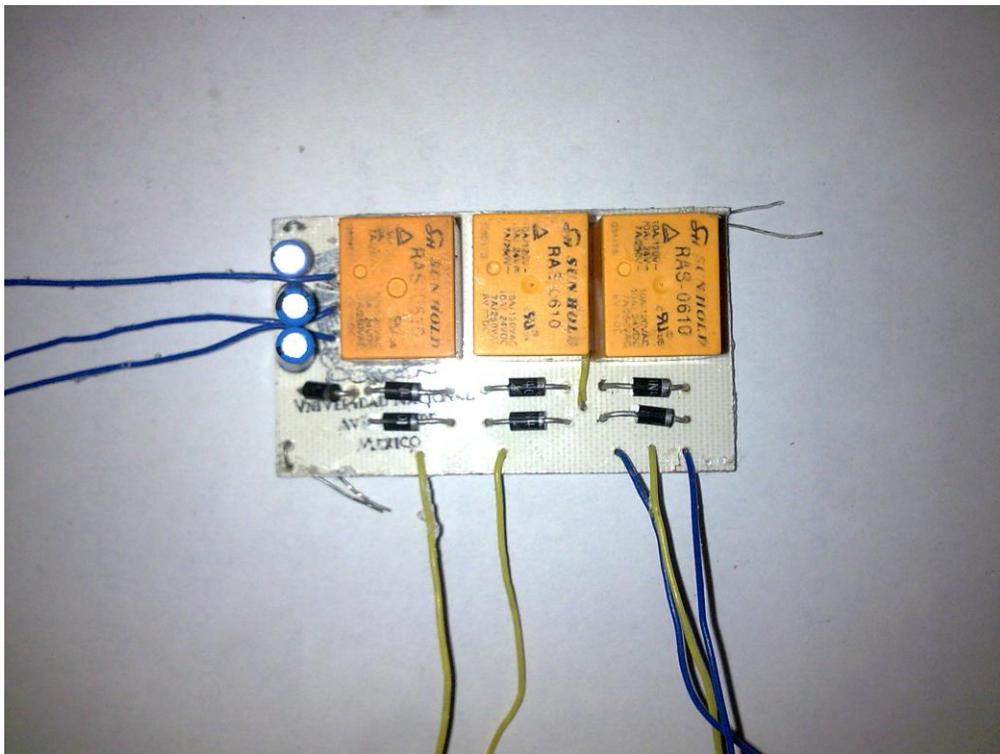


Figura 4.12 puente H



4.2.3.2. Panel de control

El panel de control fue construido tratando de darle un toque moderno con una forma curvada y con una “ventana” cuadrada en la cual se pudiera colocar una luz azul como indicador de encendido.

Está hecha con dos paneles de madera contrachapada: una plana (base), y la otra en forma curva (tapa), en esta se localizan dos potenciómetros, los cuales tienen la función de seleccionadores de intensidad lumínica, un adaptador hembra universal para transformadores, con el cual se pueden cargar las baterías o darle otra fuente de energía al sistema, y en la parte de atrás, el sensor de viento, la cual se puede apreciar como una pequeña aleta de plástico blanco. El sistema cuenta también con una pequeña celda solar, la cual alimenta a las baterías las que a su vez energizan al sistema.



Figura 4.13 construcción del panel de control



En la fotografía (figura 4.13), se puede apreciar el inicio de la fabricación de esta pieza, la pequeña ventana está hecha de papel y fibra de vidrio, al mismo se le puso un recubrimiento de resina epoxica a todo el exterior para así protegerlo de las condiciones climáticas.

4.2.4. Construcción del prototipo inicial

Esta se baso en primer lugar en el diseño de un seguidor solar, solo que en lugar de la estructura con lentes Fresnel irían dos reflectores compuestos, sostenidos por dos tubos de acero, y estos sostenidos a su vez por un soporte pequeño y fuerte, el cual pudiese ser movido por un pequeño motor.

El sistema funcionaba muy bien, pesaba un 20 por ciento menos que el modelo final, pero tenía grandes problemas con el centro de equilibrio ya que la mayoría del peso se inclinaba hacia la parte delantera, con lo que se tenía que usar un contrapeso, pero entre más peso más esfuerzo realizaba el motor, con lo que no se podían probar otra clase de reflectores más pesados



Figura 4.14 prototipo inicial



En la fotografía (figura 4.14), se puede apreciar el modelo con toda la electrónica ya integrada y los sensores colocados a un lado del panel de control (en color azul), y los brazos que sostendrían los reflectores ya colocados.

En la siguiente fotografía (figura 4.15), se puede ver como se acoplaban los reflectores a los brazos del sistema, también el panel de control estaba en esta etapa ya barnizado y con un recubrimiento de resina para mejorar su permeabilidad.

Se puede apreciar también que sobre los sensores se encuentran unos triángulos, los cuales permitían la interacción de luz y sombra, pero no eran muy efectivos, ya que permitían falsas señales en el sistema, esto se fue mejorando hasta obtener las formas correctas las cuales son mencionadas en capítulos anteriores.

Alguna complicación de este modelo fue el armado de las piezas ya que era muy difícil colocarlas correctamente, ya que tenían que quedar bien centradas, si no el motor podría llegar a dañarse.

Como enlace entre el motor y la base se pensó en un conjunto de poleas y correas para transferir la potencia del mismo hacia los reflectores, pero fue sumamente difícil encontrar poleas adecuadas para esta idea; así que se pensó en otra solución. Fue por todo esto que se decidió a cambiar el diseño casi en su totalidad a excepción del sistema de control y del panel ya que estos resultaron sumamente efectivos.



Figura 4.15 integración panel estructura

4.2.4. Construcción del prototipo final

Con las fallas obtenidas en el primer prototipo, se decidió que se necesitaba tener una base más estable, ancha y que repartiera mejor el peso de diferentes reflectores, así que se pensó en un simple soporte con dos postes y una base redonda la cual tiende a ser más estable y estéticamente mejor.

Ya con la idea en mente se comenzó con la colocación de dos tubos como soportes metálicos de acero, pero al notar que el peso era excesivo para el motor, se decidió utilizar tubos de aluminio y plástico que son más livianos e igual de fuertes además de otros materiales como tiras de acero ,delgadas pero muy resistentes, como refuerzo.



En la siguiente fotografía (figura 4.16), se puede apreciar la estructura de la base y los materiales que la conforman: como la base de madera contrachapada, los postes de aluminio y las tiras de acero.

Otro aspecto en esta es la colocación de los sensores (color azul) y del mismo panel de control que en el diseño anterior.

En la segunda fotografía (figura 4.17), se aprecia la parte posterior de el mismo.



Figura 4.16 prototipo final



Figura 4.17 parte posterior

En esta imagen también se pueden apreciar los ajustadores de luminosidad, ya mencionados antes, también el sensor de viento el cual se localiza en la parte posterior del panel de control.

En las siguientes fotografías se muestra la unión de la base móvil con la base fija. La primera (figura 4.18), consiste en un simple aro de metal en el cual se introduce un simple tornillo, además se pensó en usar un sistema de seguridad adicional, que fue un pequeño amortiguador (figura 4.19), para proteger al motor en caso de que algo interfiera con las ruedas de soporte.

El mismo consiste en un simple resorte cubierto por un aditamento plástico en forma de cono.



Figura 4.18 unión base - motor



Figura 4.19 amortiguador



4.2.4.1. Motor y base

El motor utilizado (figura 4.20), es un motor reductor de corriente directa, el cual funciona con un voltaje del rango de 12 a 24 volts de 200 miliamperios hasta 1 amperio, es el encargado del movimiento de toda la base móvil y reflectores por eso es fundamental no forzar el mismo ni someterlo a cargas mayores de voltaje, está anclado a una base de madera en forma cuadrada mediante un par de alambres.

La base (figura 4.21), contiene además tres ruedas locas, en las cuales recae la tarea de transferir el peso a la base, con lo que se disminuye la carga hacia el motor y permite soportar un mayor peso, es fundamental que estas estén bien colocadas ya que si no tienden a atorarse.



Figura 4.20 motor



Figura 4.21 base del prototipo

En la siguiente fotografía (figura 4.22), se muestran las primeras pruebas de funcionamiento del sistema, además de que algunos tubos fueron pintados para mejorar su estética



Figura 4.22 base pruebas

Como se mencionó, se pensó en hacer que la base pudiera llevar diversos tipos de reflectores para así poder hacer esta más práctica.

En las siguientes fotografías se muestra un soporte adicional en el cual se pueden colocar reflectores más grandes. En la primera (figura 4.23) se puede apreciar el total de los soportes, en la segunda (figura 4.24), una vista más cercana de las uniones con la base principal.



Figura 4.21 soporte adicional

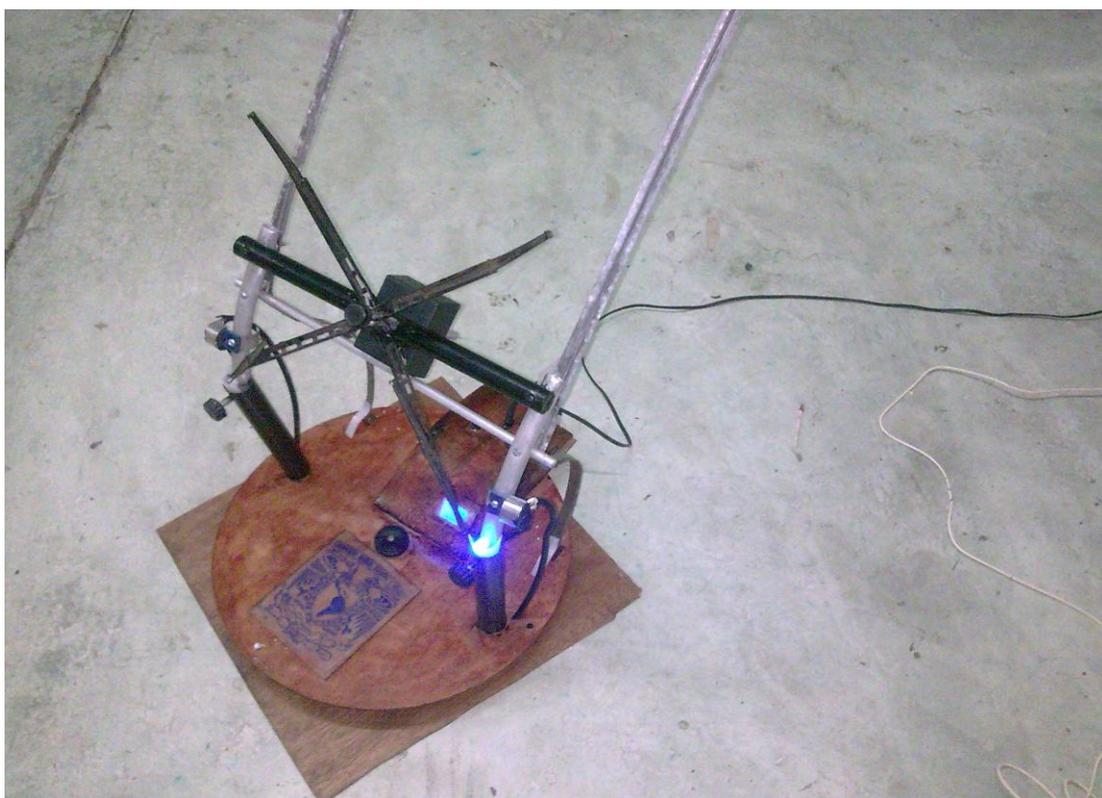


Figura 4.22 soporte adicional vista más cercana



Capítulo 5

Pruebas y resultados



Capítulo 5. Pruebas y resultados

5.1. Pruebas en prototipo final

Se realizaron una serie de pruebas tanto con los reflectores como con la base y demás sistemas.

El mayor de los problemas fue el clima, ya que eran fundamentales los días soleados, además de grandes periodos para realizar las mediciones y pruebas reales de la base, ya que había que ver si realmente hacía su función, que es ajustar la base para que esta se oriente hacia el sol.

5.1.1. Reflectores

Las pruebas con los mismos se realizaron sobre un blanco u objetivo, en el cual pudiese notarse la diferencia de temperatura entere un blanco de control (temperatura ambiente al sol) y uno puesto en dirección con los reflectores.



Figura 5.1 recipiente de prueba



Los mismos consisten en envases plásticos aproximadamente un litro y medio de capacidad.

Los mismos fueron recubiertos por pintura negra en un cincuenta por ciento de su área, la cual aumenta la absorción de la luz y deja ver mejores resultados, en la fotografía 5.1 se pueden observar los mismos.

Las pruebas fueron realizadas con un termómetro bimetálico (figura 5.2), ya que estos son más utilizados para mediciones en líquidos y tienen una gran confiabilidad y fácil manejo.



Figura 5.2 termómetro

Estas fueron realizadas sobre los embases plásticos antes mencionados con litro y medio de agua, de la 1pm a 5 pm, aproximadamente a 50 cm del reflector ya que por la baja reflexión de los materiales utilizados y el tamaño del objetivo no se reflejan mejores resultados a una mayor distancia.



En la siguiente fotografía (figura 5.3), se muestra la colocación del termómetro dentro del recipiente plástico.



Figura 5.3 colocación de termómetro

Los reflectores utilizados en estos casos fueron el compuesto y un espejo normal. En la siguiente tabla (5.1) se pueden observar los resultados de dicha prueba en grados centígrados.

Tabla 5.1 Pruebas de calentamiento:

Tipo	Inicio	1 Hora	2 Horas	3 Horas	4 Horas
Control (luz natural)	20 °C	28 °C	32 °C	36 °C	34 °C
Reflector compuesto	20 °C	48 °C	58 °C	58 °C	60 °C
Espejo normal	20 °C	38 °C	44 °C	48 °C	48 °C



5.1.2. Pruebas del soporte

Se probaron diferentes formas de reflectores sobre la misma, como son el compuesto y dos formas diferentes de espejos. En la siguiente fotografía (figura 5.4), se puede observar las primeras pruebas con el reflector compuesto:



Figura 5.4 reflector compuesto

Estas primeras pruebas con los reflectores sobre la base fueron en primer lugar de asegurarse de una buena distribución del peso así como de un buen funcionamiento del motor y los componentes eléctricos; los cuales funcionan casi sin problema alguno, podría decirse que en un 90 por ciento de las pruebas se desempeñaron muy bien.

El reflector compuesto, a diferencia de los espejos comunes, demostró una gran versatilidad por su bajo peso y mayor superficie reflectiva.



Las pruebas con los espejos se remiten a dos diseños: el antes visto rectangular, y otro redondo; el cual se concibió para probar el sujetador para espejos redondos, la cual tiene forma de tache.

En las siguientes fotografías se observan las pruebas con los espejos en las primeras dos (figuras 5.5 y 5.6), con el espejo rectangular en diferentes ángulos.

Las siguientes dos (figuras 5.7 y 5.8), las pruebas con espejos redondos

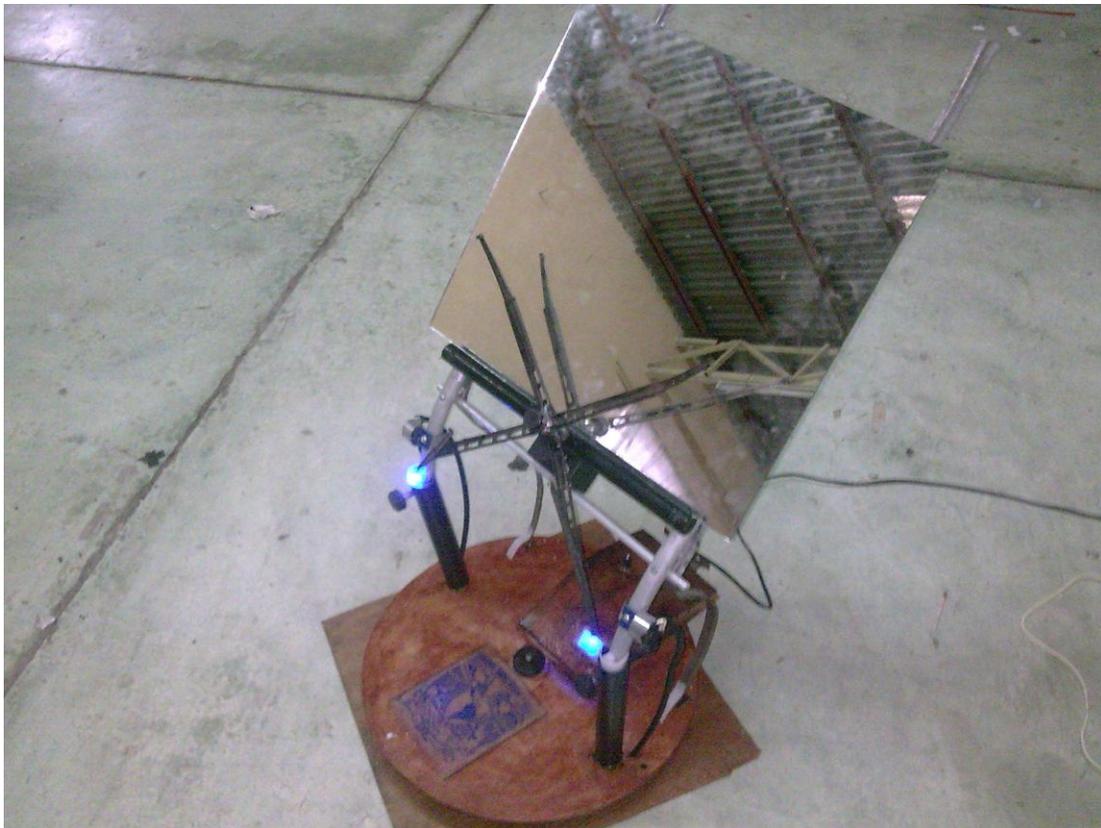


Figura 5.5 espejo rectangular

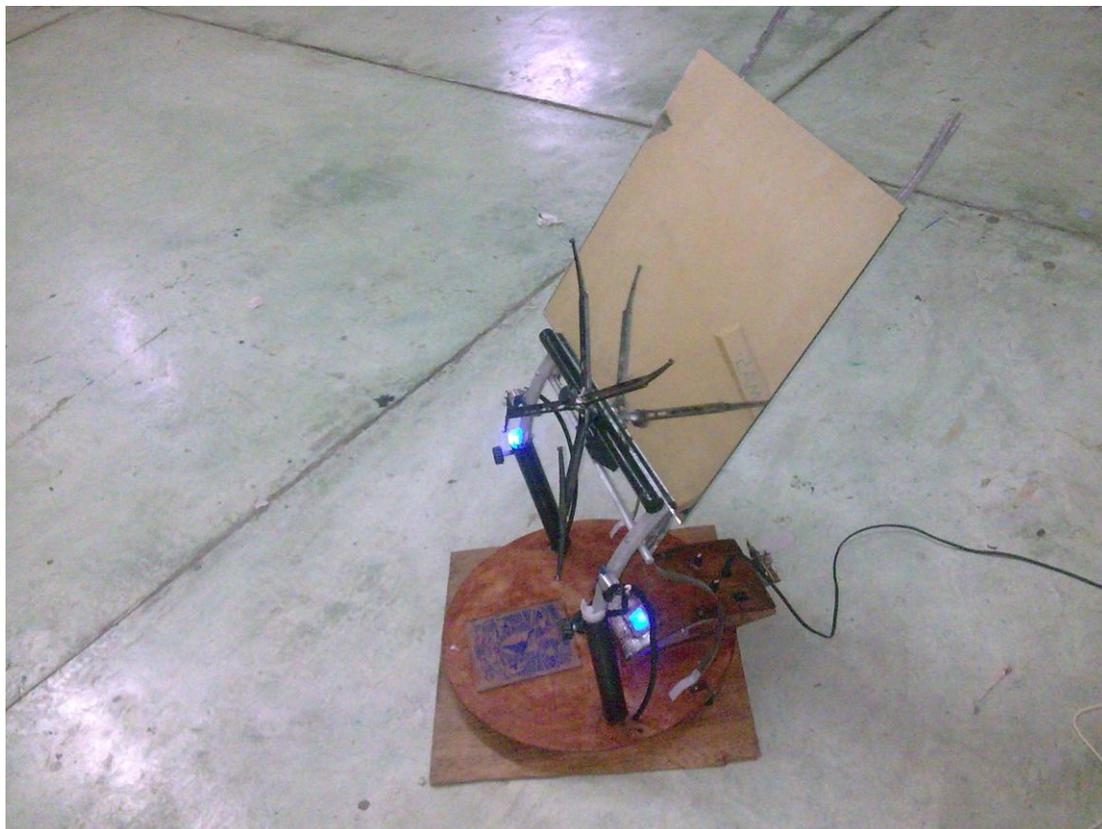


Figura 5.6 espejo rectangular otro ángulo

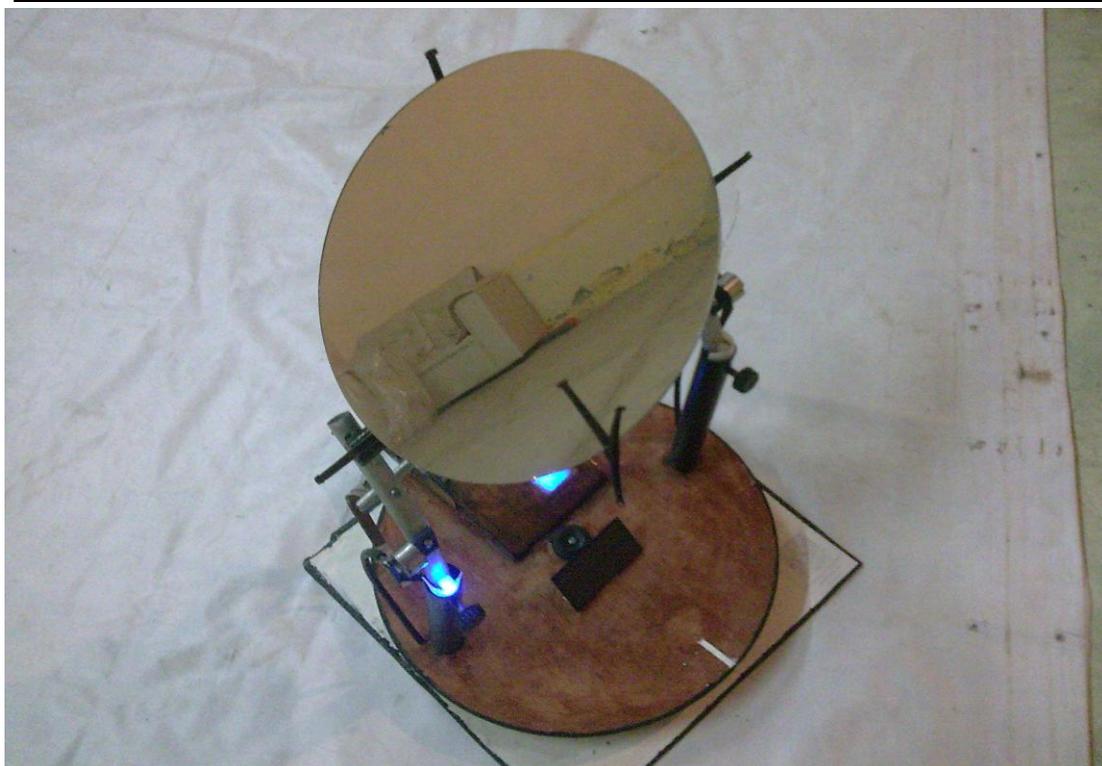


Figura 5.7 espejo redondo

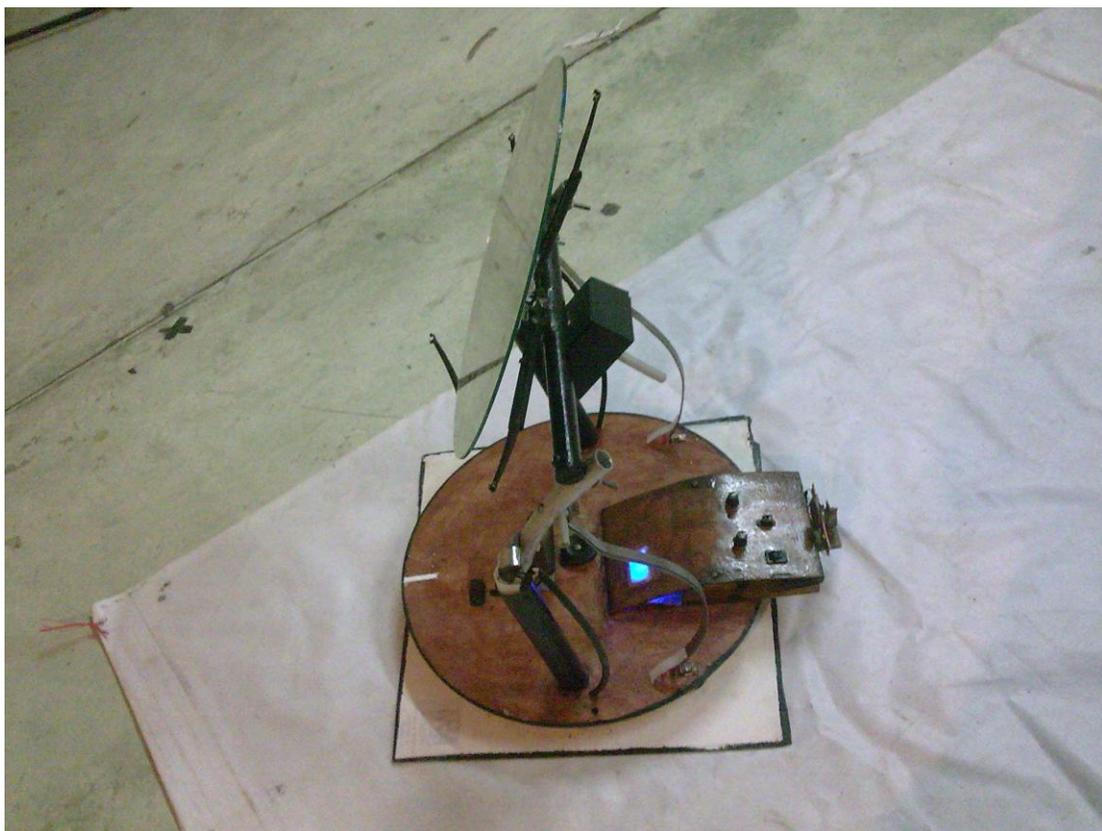


Figura 5.8 espejo redondo diferente ángulo



5.1.3. Pruebas en sistemas de seguridad

El prototipo tiene dos sistemas de seguridad: el primero ya mencionado es el sensor de viento, y el segundo el pequeño amortiguador, el cual permite a las ruedas de la base desplazarse hacia arriba hasta 1 cm., lo que le permite a las mismas saltar, por así decir, algún elemento externo que pueda atorar a las mismas, con lo que podrían dañarse los delicados engranes en el motor.



Figura 5.9 amortiguación

El sensor de viento resulto ser muy efectivo, ya que como se dijo antes, este tiene la función de apagar el motor cuando surge alguna brisa de aire, lo que podría ocasionar que el motor se sobre forzara y dañara.

5.1.3. Fallas y Errores en prototipo

- Ruedas de soporte tienden a no avanzar por el tipo de ruedas adquiridas, ya que son del tipo rueda loca, por lo que tienen que estar bien lubricadas



- La Celda solar es insuficiente para cargar todo el conjunto de baterías, así que solo carga una pequeña porción de la misma.
- Un error en centrado del motor con la base redonda hace que no todo sea completamente estable.
- Falla ocasional del sensor izquierdo, ya que el recubrimiento metálico no es del todo igual al otro, aproximadamente por tres milímetros, con lo que llega a dar falsas respuestas por parte del mismo, lo que ocasiona que llegue a sobrepasar el umbral de luz del mismo, por lo que el otro sensor reacciona tratando de acomodar el prototipo nuevamente, esto ocasiona un constante activación y desactivación del sistema en tiempos hasta de 30 min.
- Oxidación del sensor de viento ya que esta hecho de una lamina de acero delgado con lo que requiere de constante remoción del mismo.

5.1.3. Pruebas finales con todos los sistemas

Aunque el mismo fue hecho con partes caseras, este resulto ser muy fiable en cuanto a su eficiencia. A continuación se darán algunas características de funcionamiento del mismo.

- El Sistema electrónico el rango eléctrico de operación del mismo es desde 7.5 vols. a 200 miliamperios hasta 15 vols. a 1 amperio c-c, ya que sobre ese rango el sistema podría sobrecalentarse y fallar.
- El sistema también contiene un módulo de recarga, basado en baterías de Ni Ca (tres), de 3.2 volts a 600 miliamperios, las cuales pueden mantener al sistema funcionando durante 48 horas, este rango de operación podría subir si se utilizaran baterías de litio.
- Al sistema de carga se le trató de colocar una pequeña celda fotovoltaica con la finalidad de que el mismo se autorecargue, y así hacerlo totalmente independiente de la red eléctrica local, el problema con esto fue que solo se pudo conseguir una de 6 volts. a 100 miliamperios con lo que solo proporciona una parcial ayuda al sistema.



El modelo final fue ajustado en sus soportes, la base móvil de madera fue barnizada y recubierta por una pequeña capa de resina epoxica, la cual protege más a esta de las condiciones climáticas, la base fija se pintó de blanco para una mejor estética de la misma En las siguientes fotografías se observa la imagen final de la base y de la misma junto a los reflectores.

En la primera (figura 5.10), se observa la base terminada con los sistemas funcionando.



Figura 5.10 base final



En la segunda (figura 5.11) se puede observar la base más el espejo común, también se puede ver la celda solar y el panel de control.



Figura 5.11 espejo común vista final



En la última fotografía (figura 5.12) se observa la base más el reflector compuesto



Figura 5.12 reflector compuesto vista final



Conclusiones Y trabajos futuros



Conclusiones

Se realizó una búsqueda de los más habituales seguidores solares y se implementó uno que funciona adecuadamente y que con respecto a seguidores existentes, puede emplearse en sistemas termosolares o fotovoltaicos habituales y en casi cualquier hogar común, con lo cual aumenta la eficacia térmica en los mismos, además de un costo bajo (de alrededor de 100 dólares americanos).

El prototipo final (capítulo 4), resultó ser sumamente eficaz en la localización de la posición del Sol, además su diseño permite la adaptación de más ejes móviles, para incrementar la eficiencia de cualquier tecnología termosolar.

En cuanto al mantenimiento del mismo solo requiere de remoción o limpieza de polvo, acumulado en partes como la celda solar y sensores.

En los últimos años se viene produciendo un aumento notable de instalaciones de energía solar térmica debido, por una parte, a la mayor sensibilidad social y política hacia temas medioambientales y, por otra, a la continua mejora y reducción de costos de los sistemas solares térmicos.

Es preciso, no obstante, señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas fluctuaciones, y a variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la solemos necesitar.



Trabajos futuros

Como trabajo futuro queda la mejora en el abastecimiento energético del prototipo adicionando una celda fotovoltaica de mayor capacidad en el rango de 9 a 12 volts de 200 a 500 miliamperios para un óptimo funcionamiento y autonomía

El cambio de las ruedas en la base por balines metálicos ubicados en la base fija y no en la móvil para así mejorar el rendimiento y velocidad del motor.

Usar un metal de mayor espesor en la construcción del reflector compuesto lo que permitiría una menor pérdida de rendimiento así como una cantidad menor de imperfecciones en el mismo.

Adicionar dos sensores mas para crear un aparato con dos ejes uno para el seguimiento solar y otro para la mejora en el ángulo de reflexión del concentrador utilizado.

Realizar un análisis estructural del prototipo y su posterior diseño en programas computacionales.

Hacer que el sistema sea más inteligente, y realizar un análisis a profundidad de las cuestiones mecánicas y de los materiales.



Glosario



Glosario

Acimut: m. Ángulo que con el meridiano forma el círculo vertical que pasa por un punto de la esfera celeste o del globo terráqueo

Acimutal: Del acimut o relativo a él:

ACS: Agua caliente sanitaria

Célula Fotovoltaica: Unidad básica del sistema fotovoltaico donde se produce la transformación de la luz solar en energía eléctrica.

Central Fotovoltaica: Conjunto de instalaciones destinadas al suministro de energía eléctrica a la red mediante el empleo de sistemas fotovoltaicos a gran escala.

Colatitud: La colatitud es muy usada en astronomía porque se refiere a la distancia cenital de los polos celestes.¹ Esto significa que la colatitud de un lugar de observación equivale al arco subtendido entre el cénit de dicho lugar y el Polo Celeste. Es otra forma de dar la altura en el sistema de coordenadas horizontales ya que, en vez de medir el ángulo desde el horizonte, éste se mide desde el Polo Celeste, mediante el ángulo complementario, o colatitud.

Concentrador: Dispositivo que mediante distintos sistemas, concentra la radiación solar sobre las células fotovoltaicas.

Fotón: Cada una de las partículas que componen la luz.

Fotovoltaico (FV): Relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.

Fotovoltaico cuando el producto de la tensión por la intensidad es máximo.

Gnomon: m. Indicador de las horas en los relojes solares más comunes



Helióstato: m. Instrumento geodésico provisto de un espejo que permite reflejar los rayos del Sol en una dirección fija siguiendo su movimiento diurno.

LDR: Light Dependent Resistor, o Resistor Dependiente de la Luz, como su nombre lo indica, resistencias cuyo valor varía de acuerdo al nivel de luz.

Orientación: Ángulo de orientación respecto al Sur Solar de la superficie de un panel.

PROCALSOL: Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México.

Punto de máxima potencia de un Panel: Potencia que suministra un panel

Radiación Solar: Cantidad de energía procedente del sol que se recibe en una superficie y tiempo determinados.

Regulador: parecido a Controlador de Carga.

Relay: es un relé o relevador, del francés relais, relevo, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Rendimiento: Es la relación que existe entre la energía que realmente transforma en energía útil y la que requiere un determinado equipo para su funcionamiento.

SST: sistemas solares térmicos

Voltaje: Anglicismo del término Tensión.

Voltio (V): Unidad de potencial eléctrico y fuerza electromotriz, equivalente a la diferencia de potencial que hay entre dos puntos de un conductor cuando al transportar entre ellos un coulomb, abreviatura es "V". El nombre "voltio "



proviene del físico italiano Alejandro Volta. Un voltio es la tensión eléctrica entre dos puntos de un conductor en el que con un amperio se convierte un vatio.



Referencias



Referencias:

Electricidad Solar Fotovoltaica

Autor : *Lorenzo, E.*

Editorial: *Progensa. Promotora General De Estudios, S.A.*

Año: *2006*

Número de páginas: *199*

La energía solar. Aplicaciones prácticas

Autor: *Colectivo*

Editorial: *Progensa*

152 páginas

4^a ed., 1^a imp. Edición (06/2005)

Ponencias del congreso iberoamericano de energía solar 2008

Autor: *Colectivo*

Editorial: *Progensa*

1294 páginas

Fuentes electrónicas:

Carlos De La Rosa Sánchez¹ (13 octubre 2011), *amplificadores operacionales*

Recuperado de:

<http://www.tecnologiaseso.es/pdf/electronicapdf/555Y741.pdf>

diselc.² (17 octubre 2011), *circuito de un ascensor de 5 plantas con microcontrolador pic 16f84a*

Recuperado de:

<http://www.diselc.es/diselc/proyectos/ascensorpic.htm>



E – renovables.³ (10 octubre 2011), *energía solar térmica*

Recuperado de:

<http://www.e-renovables.es/articulo-C%F3mo+hacer+tu+propio+aerogenerador+casero.html>

Electrónica.⁴ (15 octubre 2011), *amplificadores operacionales*

Recuperado de:

<http://electronica.webcindario.com/tutoriales/opamp8.htm#>

Energía solar.⁵ (10 octubre 2011), *definición de energía solar*

Recuperado de:

<http://www.instalacionenergiasolar.com/energia/defincionenergiasolar.html>

Energías renovables.⁶ (10 octubre 2011), *Heliostato*

Recuperado de:

<http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2008/06/12/heliostato-que-es/>

Formaselect España S.L.⁷ (18 octubre 2011), *Las energías renovables*

Recuperado de:

<http://www.formaselect.com/areas-tematicas/energias-renovables/energia-solar.htm>

GA.⁸ (11 octubre 2011), *transductor*

Recuperado de:

<http://www.ehu.es/acustica/espanol/electricidad/transes/transes.html>

Gaceta UNAM⁹. (22 marzo del 2011), *Primer horno solar en México*

Recuperado de:

<http://www.dgcs.unam.mx/gacetaweb/2011/110322/gaceta.pdf>

Galeón.¹⁰ (18 octubre 2011), *relojes de sol*



Recuperado de:

<http://www.galeon.com/casanchi/ast/sol1.htm>

Imanol García y Elena Eguiguren.¹¹ (10 octubre 2011), *como construir un horno solar*

Recuperado de:

<http://www.ctv.es/USERS/lalita/biocons.htm>

ison21.¹² (11 octubre 2011), *La concentración solar arranca en España*

Recuperado de:

<http://www.ison21.es/2007/03/12/la-concentracion-solar-arranca-en-espana/>

Mi tecnológico.¹³ (11 octubre 2011), *sensores y transductores*

Recuperado de:

<http://www.mitecnologico.com/Main/SensoresYTransductores>

Otro mundo es posible.¹⁴ (11 octubre 2011), *México podría abastecerse totalmente con energía solar*

Recuperado de:

<http://www.otromundoesposible.net/noticias/mexico-podria-abastecerse-totalmente-con-energia-solar>

PCE.¹⁵ (11 octubre 2011), *transductores*

Recuperado de:

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/sistemas/transductores.htm>

Profesor molina.¹⁶ (11 octubre 2011), *que es un sensor*

Recuperado de:

http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm



Protón robótica.¹⁷ (11 octubre 2011), *sensores de contacto*

Recuperado de:

<http://proton.ucting.udg.mx/robotica/r166/r76/r76.htm>

Proyectos electrónicos.¹⁸ (15 octubre 2011), *punte h con transistores*

Recuperado de:

<http://fuhrer-luftwaffe.blogspot.com/2009/04/punte-h-con-transistores-npn.html>

Quimicaweb.¹⁹ (11 octubre 2011), *luz*

Recuperado de:

http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema5/index.htm

Redsauce Engineering Services por Pedro Fernández Díez.²⁰ (10 octubre 2011), *energías alternativas*

Recuperado de:

<http://es.libros.redsauce.net/index.php?pageID=12>

SoyRenovable.²¹ (17 octubre 2011), *todo sobre energía renovable*

Recuperado de:

<http://www.soyrenovable.com/>

Suministro solar.²² (10 octubre 2011), *captadores solares*

Recuperado de:

<http://www.suministrosolar.com/captadoressolares>

Teleinformación²³ (11 octubre 2011), *espejos*

Recuperado de:

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/EspejoPlano/espejoplano.htm>



Wikia.²⁴ (10 octubre 2011), *cocinas solares*

Recuperado de:

http://es.solarcooking.wikia.com/wiki/Red_Global_sobre_la_Cocina_Solar

Wikilibros.²⁵ (11 octubre 2011), *clasificación de las lentes*

Recuperado de:

<http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Lentes>

Wikilibros²⁶. (11 octubre 2011), *lentes Fresnel*

Recuperado de:

<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/OptGeometrica/Instrumentos/fresnel/fresnel.htm>