



**SISTEMA DE TRANSFORMACION, REGULACION,  
SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO DE CORRIENTE  
CONTINUA A MENOR ESCALA POR ENERGIA SOLAR,  
PARA DISPOSITIVOS ELECTRONICOS.**

**CARLOS LOPEZ CARDOSO  
CARLOS DAVID MARTINEZ ROBAYO**

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
PROYECTO DE GRADO  
VI SEMESTRE  
GIRARDOT  
2014**



**SISTEMA DE TRANSFORMACION, REGULACION,  
SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO DE CORRIENTE  
CONTINUA A MENOR ESCALA POR ENERGIA SOLAR,  
PARA DISPOSITIVOS ELECTRONICOS.**

**CARLOS LOPEZ CARDOSO  
CARLOS DAVID MARTINEZ ROBAYO**

***PROYECTO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:  
TECNOLOGO EN ELECTRÓNICA***

**COORDINADOR DE AREA:**

**EFRAIN MASMELAS**

**DOCENTE DE LA ASIGNATURA:**

**ANGEL PALACIOS  
INGENIERO ELECTRONICO**

**CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS  
PROYECTO DE GRADO  
VI SEMESTRE  
GIRARDOT  
2014**

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente a Dios,  
Por concederme la vida suficiente  
Y haberme permitido llegar  
Hasta éste punto, porque  
Sin su voluntad, nada hubiera logrado.*

*A mis padres  
Con gran cariño,  
Por todo el apoyo y paciencia  
Recibida de su parte y por tratar  
Siempre de que nunca me faltara nada.*

*A mis compañeros,  
Carlos López, Pablo Bermúdez y Narciso Iazo,  
Por su gran ayuda, apoyo y amistad  
Presentados en el desarrollo de la carrera.*

*Al cuerpo de docentes,  
En especial al ingeniero Ángel Palacios,  
Por su paciencia, confianza y conducción  
En la realización del presente proyecto.*

## Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

*Firma de jurado*

---

*Firma de jurado*

---

*Firma de jurado*

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1 IDENTIFICACION DEL PROBLEMA	2
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3 JUSTIFICACION	4
4 MARCO REFERENCIAL Y TEORICOS	5
4.1 MARCO REFERENCIAL	5
4.1.1 Referentes Investigativos	5
4.1.1.1 Energía solar como recurso renovable	5
4.1.1.2 De nuevo las energías renovables (conferencia)	6
4.1.1.2.1 Análisis y estadísticas entre radiación solar global y temperatura Ambiente en Bogotá	7
4.1.1.2.2 Índice de claridad atmosférico para Bogotá a partir de datos de Radiación solar	8
4.1.1.3 Fotocal, sistema automatizado para área y costo de un Módulo Fotovoltaico	9
4.2 MARCO TEORICO	11
4.2.1 Historia de la energía fotovoltaica	11
4.2.2 Principios de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos	12
4.2.3 Módulos fotovoltaicos	13
4.2.4 Impacto ambiental para la energía fotovoltaica	14
4.2.4.1 Clima	15
4.2.4.2 Geología	15
4.2.4.3 Suelo	15
4.2.4.4 Agua superficiales y subterráneas	16
4.2.4.5 Flora y fauna	16
4.2.4.6 Paisaje	16
4.2.4.7 Ruidos	16
4.2.4.8 Medio social	16

4.2.5	Generación de energías limpias	16
4.2.6	Posibles dispositivos electrónicos a utilizar	18
4.2.6.1	Microcontroladores	18
4.2.6.2	Baterías	21
4.2.6.3	Panel fotovoltaico	21
4.2.6.4	Motor de corriente continua o corriente directa	22
4.2.6.5	Piñonería	23
4.2.6.6	Modulo LCD	24
4.2.6.7	Sistema de regulación y posterior almacenamiento a la batería	25
4.2.6.8	Diodo	26
4.2.6.9	Amplificador operacional	26
4.2.6.10	Sensores de luminosidad	27
4.2.6.11	Disparador Smith Trigger inversor	27
5	MARCO INSTITUCIONAL	29
5.1	ASPECTOS GENERALES DE CUNDINAMARCA	31
5.2	DISPONIBILIDAD DE BRILLO SOLAR EN GIRARDOT	32
6	MARCO CONCEPTUAL	33
6.1	ENERGIA SOLAR: RECURSO RENOVABLE	33
6.2	REGULADOR	33
6.3	REGULADOR LINEAL	33
6.4	INVERSOR	33
6.5	SISTEMAS DE SEGUIMIENTO	33
6.6	AMPLIFICADOR	34
6.7	SOBRECARGA	34
7	MARCO LEGAL	35
7.1	ENERGIAS RENOVABLES. MARCO JURIDICO EN COLOMBIA	35
7.2	NORMATIVIDAD SOBRE ENERGIA SOLAR TERMICA Y FOTVOLTAICA	35
7.3	NORMATIVIDAD EN COLOMBIA	36
7.3.1	Terminología	36
7.3.2	Mediciones y ensayos	36
7.2.3	Componentes de sistemas solares fotovoltaicos	38
7.4	NORMATIVIDAD INTERNACIONAL	40

8. DESARROLLO DEL PROYECTO	41
8.1 DISEÑO Y DESARROLLO FUNCIONAL-MODULAR	41
8.1.1 Sistema de posicionamiento	42
8.1.2 Sistema de carga de batería	42
8.1.3 Sistema de regulación de tensión	43
8.1.4 Visualización, entrada y salida de datos	45
8.2 DISEÑO ESTRUCTURAL Y DESARROLLO ELECTRONICO	46
8.2.1 CONTROL	48
8.3 ANALISIS Y OBSERVACIONES	49
8.4 RESULTADOS	52
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFIA	54
ANEXOS	56

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sesión de trabajo en el Taller de “Género y Energía” .....	7
Figura 2. Porcentaje de R2 mes a mes para cada uno de los tres años.....	9
Figura 3. Diagrama de flujo sintetizado del sistema .....	10
Figura 4. Primer panel fotovoltaico desarrollado en los Laboratorios Bell.....	12
Figura 5. Efecto fotoeléctrico en paneles solares.....	13
Figura 6. Proyección de Energía Solar .....	14
Figura 7. Energías Limpias .....	17
Figura 8. Arquitectura del Microcontrolador 16f877A. ....	19
Figura 9. Batería, almacenamiento de energía.....	21
Figura 10. Panel Fotovoltaico .....	22
Figura 11. Motor de corriente continua .....	22
Figura 12. Piñones Helicoidales.....	24
Figura 13. Modulo LCD .....	24
Figura 14. Regulador- elevador de tensión.....	25
Figura 15. Estructura y símbolo de un diodo .....	26
Figura 16. Amplificador operacional .....	27
Figura 17. Fotorresistor .....	27
Figura 18. Ejemplo de Schmitt Trigger inversor .....	28
Figura 19. Convertidor CD-CD.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 20. Potencial de cada región Colombiana comparado con la irradiación solar del desierto del Sahara y Brasil. ....	30
Figura 21. Figura general de diseño y desarrollo funcional-modular .....	41
Figura 22 Sistema de posicionamiento.....	42
Figura 23 Sistema de carga de batería.....	43
Figura 24 Diagrama de bloques funcional del regulador XL6009.....	43
Figura 25 Funcionamiento de un regulador lineal .....	44
Figura 26 Diagrama de bloques del regulador y elevador de tensión .....	44
Figura 27 Diagrama de regulador y elevador de tensión mediante simbología.....	45
Figura 28 Diagrama de bloques de visualización en LCD .....	45
Figura 29 Estructura física del proyecto cargador de energía eléctrica por energía solar. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 30. Símbolo de Microcontrolador PIC 16F877A en software ISIS PROTEUS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 31. Simbología de acciones de carga de baterías y sentido de giro de motor por medio de leds. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 32 Visualización de valores de voltajes por medio de pantalla LCD.	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Comparación entre Microcontrolador 16f84A y 16f87xA	20
<b>Tabla 2.</b> Rango anual de disponibilidad de energía solar por regiones	30
<b>Tabla 3.</b> Costos de materiales de proyecto.	51

## INTRODUCCIÓN

En el presente documento se presenta información basada en la utilización de un recurso natural renovable, como lo es la energía solar y su posterior uso en un dispositivo electrónico. Igualmente aporta información sobre cada uno de los elementos que en el proceso intervienen, siendo de gran ayuda para la comprensión del funcionamiento global del sistema. El dispositivo electrónico escapa a tener el control de recepción de la energía solar y luego ser transformada en corriente eléctrica, teniendo así diversos usos a dispositivos que laboren con cargas inferiores a un vatio, como por ejemplo sería el suministro de energía eléctrica a baterías de teléfonos celulares, encendido de led's en lámparas que apoyen las labores diarias cuando no halla flujo eléctrico en los recintos domiciliarios, entre otros.

Dicho dispositivo dará la oportunidad de alimentar energéticamente también a los elementos eléctricos que en el proceso interviene, ya que no es necesario tener apoyo de otros medios que proporcionen energía, sino su alimentación energética se proveerá de la transformación de la energía solar a energía eléctrica, teniendo así un óptimo desempeño, ejemplo de ello serían la pantalla LCD, relays, resistencias, diodos Led's, componentes de luminosidad, carga de baterías de bajas potencias.

La finalidad del presente proyecto se enfoca hacia el propósito de aprovechar los diferentes recursos naturales con los que se cuenta diariamente, ajustándolos en un solo sentido para el funcionamiento de dispositivos, los cuales son de primordial uso comúnmente en nuestras labores.

# 1. IDENTIFICACION DEL PROBLEMA

La Energía solar es un recurso natural que al ser transformado, provee al ser humano un tipo de energía como es la eléctrica, por lo tanto, el diseño y construcción de dispositivos que permitan aprovechar de este tipo de energía y la manipulación de la misma, resulta útil al momento de proponer soluciones que suministren energía eléctrica a artefactos eléctricos o electrónicos de baja potencia.

El hombre ha tomado variedad de servicios que le han aportado tranquilidad a su subsistencia, dado el caso, se podría hablar de la energía eléctrica que ha tenido un papel importante en el desarrollo de la sociedad al permitir el avance de la tecnología en la vida moderna, y a su vez ofreciendo equipos cada vez más sofisticados que brindan recreación, entretenimiento, comodidad, salud, entre otras, demandando mayor cantidad de energía, como lo son los electrodomésticos, los aires acondicionados, aparatos con videojuegos, dispositivos que permiten el seguimiento o monitoreo de los estados de salud, etc., que en el ámbito residencial presentan un papel importante, ya que cada día son más necesarios para facilitar las labores tanto en el hogar, trabajo y en su vida natural.

De acuerdo a las investigaciones y a los procesos de adelanto, caracterizado en la aplicación y aprovechamiento de la energía eléctrica en las grandes ciudades, se ha visto reflejado en el consumo por diferentes entidades de comunicación y empresas públicas que se ha analizado que los últimos años, la sociedad moderna es creciente y altamente tecnificada y continúa en la búsqueda de la comodidad, el desarrollo y el crecimiento en todos los aspectos, por ejemplo, en la ciencia, las guerras, las medicinas, el trabajo, el hogar, etc. Esto se constituye en un factor bastante preocupante hoy en día, ya que es vital para la sociedad moderna, porque la energía eléctrica representa la sangre que hace mover los brazos de la tecnología y el desarrollo del mundo; y es donde se debe poner de manifiesto la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar el uso de dicha energía.

En el desarrollo del presente proyecto, se analizarán algunas de las técnicas empleadas para lograr este fin, con lo que se estará tratando la siguiente problemática: **¿cómo se podría tener un óptimo aprovechamiento de la energía solar, para el funcionamiento de aparatos electrónicos que comúnmente trabajan con energía eléctrica?**

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Implementar un dispositivo electrónico que permita aprovecharla energía solar, el suministro de energía eléctrica para la posterior adecuación consumo energético a dispositivos electrónicos de potencias inferiores a un vatio.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Determinar los tipos de dispositivos que se utilizan para la transformación y aprovechamiento de la energía solar como fuente de energía eléctrica.
- ✓ Identificar los tipos de mecanismos electrónicos que se utilizan en los procesos de transformación, regulación y almacenamiento de energía eléctrica proveniente de energía solar.
- ✓ Construir un sistema de seguimiento de luminosidad solar, por medio de una etapa de control para un óptimo aprovechamiento de energía solar.
- ✓ Establecer e identificar las diferentes características y funcionamiento de los componentes que intervienen en el proceso de recepción de energía solar y posterior almacenamiento en la batería.
- ✓ Entender algunos conceptos clave como regulación, ya que en el desarrollo del proyecto se tendrán cuenta al aplicarlo en medios físicos.

### 3. JUSTIFICACION

Por medio del presente proyecto se pretende conocer y proporcionar las posibilidades necesarias para el diseño de un dispositivo electrónico y a la vez de aporte ecológico, que permitan la transformación de energía eléctrica por medio de un elemento natural como lo es el sol; recurso de igual modo necesario y beneficioso para la humanidad, aprovechando la opción de la reutilización de baterías eléctricas para adaptarlas a un circuito y obtener su posterior funcionamiento. Por otro lado, conocer que por medio de este método se generará la reutilización de un gran recurso natural y los beneficios que pueden proporcionar a los seres humanos.

La energía solar, siendo un recurso renovable podría ser de gran beneficio, ya que al hacer uso de ella y saber que en la ciudad de Girardot y los municipios cercanos el clima es muy cálido; por consiguiente, se ha propuesto un proceso de obtención de electricidad que se llevara a cabo con un dispositivo electrónico llamado celda solar que realiza dicho proceso y a la vez, saber el rendimiento de la energía proporcionada por el sol, de acuerdo a los diferentes planteamientos hechos con respecto a la pérdida por consecuencia de la temperatura.

La gran desventaja de la energía solar es su precio, ya que las celdas o paneles solares tienen un costo elevado al estar construidas con tecnología avanzada. El propósito general es dar otra opción para el aprovechamiento de la intensidad lumínica dada en la ciudad de Girardot y de igual forma conocer que este método de producción de electricidad es ecológico.

Al diseñar e implementar dicho dispositivo electrónico, se podrá comprobar la importancia de la disposición y transformación de estas energías, analizando los beneficios que este procedimiento causará para la humanidad, sabiendo que ésta es la base para el funcionamiento de los aparatos electrónicos de uso diario.

## 4. MARCO REFERENCIAL Y TEORICOS

### 4.1 MARCO REFERENCIAL

Como fundamento base para el desarrollo del proyecto es necesario tener en cuenta las diferentes apreciaciones que se han postulado por parte de la ciencia y que ayudan al buen desarrollo de la temática sobre la energía solar como una de las fuentes que en nuestros tiempos presenta una gran importancia.

Respecto a lo anterior, se requiere hacer un análisis de las características que la energía solar presenta, así como los diferentes comportamientos que resultan con respecto a las diversas investigaciones y procedimientos llevados a cabo por parte de entes especializados en estos temas.

#### 4.1.1 Referentes investigativos

A continuación se presenta un conjunto de documentos con información relevante y así mismo relacionada con el presente tema, basados en el análisis y resultados obtenidos a partir de investigaciones, conferencias, definición de términos que serán de gran utilidad para el buen desarrollo del presente proyecto.

##### 4.1.1.1 Energía solar como recurso renovable

Las energías renovables son las directamente obtenidas por aquellos recursos que consideramos inagotables y cuyo aprovechamiento no implica el consumo de materias primas, presentando numerosas ventajas, la más importante es la ausencia de emisiones contaminantes, lo que hace de ellas unas fuentes energéticas que sean orientadas hacia un mismo sentido con el medio ambiente, fundamentales para construir un desarrollo sostenible del planeta.

Uno de los medios con el cual directamente estamos contando diariamente es el sol, ya que es punto central de nuestro sistema universal y generador de toda materia orgánica por medio de la fotosíntesis “procedimiento fundamental para el desarrollo de las plantas” (Pertzel, A. 2012; pág. 89) y que a través de ellas, los seres humanos obtenemos los alimentos y la purificación del ambiente.

El aprovechamiento de la luz emitida por el sol ha tenido lugar desde tiempos antiguos, por ejemplo desde la Edad Media y la Revolución Industrial (mitad de siglo XVIII); según *CENSOLAR* “Centro de Estudios de la Energía Solar, primer Centro de España autorizado por el Ministerio de Educación y Ciencia (O.M. de 26-3-1982)” la gran mayoría de los recursos con los que contamos actualmente provienen de la combustión de fósiles que en algún momento terminarían por agotarse, por ello países desarrollados como Alemania, Japón, Estados Unidos o México se han concentrado en buscar alternativas con

energías renovables optando por la solar que ofrece el beneficio de irradiar por un largo plazo, es gratuita, segura y no posee elementos contaminantes.

De acuerdo con el Doctor Arturo Morales Acevedo del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), afirma:

Entre el 80 y 90% de la energía que actualmente se consume a nivel mundial sigue proviniendo de combustibles fósiles. —México se encuentra dentro de este porcentaje con un 85%, por lo que considerando sus recursos en carbón, gas natural e incluso uranio como fuente de energía nuclear, se tiene un estimado en medios para los próximos 50 años. Aun continuando con el petróleo, se estipula que las reservas de este hidrocarburo sólo durarán los próximos 150 años, antes de que el país padezca una inseguridad energética.

Con respecto a lo anterior proponiéndose México como ejemplo, actualmente dispone de diferentes posibilidades de desarrollo, los recursos con los que hoy día cuenta y que se benefician por medio de sus propiedades transformándolas y aprovechándolas en sus labores diarias, se están agotando cada vez más a tal punto en que éste país sufrirá una escasez de dichos combustibles, por ello es que muchos países optan la posibilidad de buscar alternativas que en un futuro no proporcionen éstas fallas y que al ofrezcan igual o más ventajas.

#### **4.1.1.2 De nuevo las energías renovables (Conferencia)**

En Denver, (región de Colorado, Estados Unidos) del 13 al 18 de Mayo de 2012, se realizó una conferencia por parte del Congreso Mundial de Energía Renovables (WREC), promovido por la Asociación Americana de Energía Solar (ASES); en el cual se trataron temas relativos a las políticas necesarias para impulsar los procesos de desarrollo de las fuentes renovables de energía y su financiamiento, centralizándose en la necesidad de demostrar las ventajas económicas de las renovables.

De acuerdo con lo anterior, para los Estados Unidos el desarrollo de las energías renovables es una cuestión de seguridad nacional, de manera que están apostando al desarrollo de investigaciones aplicadas. Sin embargo, resulta significativo que en ningún momento se mencionara la necesidad de cambiar las formas de vida predominantes en la sociedad norteamericana para poder transitar hacia un desarrollo más sustentable (González Diana, 2012, p.119).



**Figura1. Sesión de trabajo en el Taller de “Género y Energía”**

*González Couret, D. (2012). Recuperado de: De nuevo las energías renovables. Arquitectura Y Urbanismo, 33(2), 118-119.*

Uno de los participantes de dicha conferencia fue el Arquitecto Jacques Kimman, de la universidad de Heerlen en Holanda, quien en su intervención insistió en la opción de tener una visión futura al planificar etapas, acciones y camino a seguir invirtiendo en el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables en edificios y ciudades, igualmente mostrando diferentes ejemplos de proyectos que construye con sus estudiantes.

Al detallar los aspectos tratados en las exposiciones realizadas, igualmente se enfatizó en la arquitectura pasiva y la solar pasiva, precisando la importancia de la simplicidad y compacidad del volumen y la masa térmica más que las superficies de vidrio expuestas a la radiación solar, cuando se necesita calentar; como posibles soluciones a este problema, se propuso mecanismos de enfriamiento, fundamentalmente para climas secos, se mostraron soluciones de estanques de agua en cubiertas y techos verdes.

Al hablar de los parámetros ambientales en el entorno de los sistemas de conversión fotovoltaica, es necesario medir su comportamiento de acuerdo a parámetros ambientales como Temperatura Ambiente, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, entre otros, a fin de determinar con mayor precisión el desempeño de los sistemas fotovoltaicos.

#### **4.1.1.2.1 Análisis y estadísticas entre radiación solar global y temperatura ambiente en Bogotá**

Por medio de la información adquirida en las bases de datos sugeridas por la Universidad Uniminuto, se presenta un análisis de la correlación entre la irradiación solar global y la temperatura ambiente de la ciudad de Bogotá, para cada día en el periodo 2003-2005, (realizado por Forero, N. L., Martínez, W. W., Hernández, M. D., Martínez, M. A.,



Caicedo, L. M., & Gordillo, G. G.2008p.359-362);quienes en su investigación afirman lo siguiente:

### **Aspectos experimentales**

A partir de la Adquisición instalada en el edificio del Dpto. de la Universidad Nacional Sede Bogotá, se permitió obtener una base de datos la cual tiene material de apoyo con base en parámetros meteorológicos de radiación solar y temperatura ambiente por medio de una plataforma de programación. La irradiación solar global se emplea con un sensor de irradiación, un piranometro tipo fotodiodo y para la temperatura ambiente se emplea un sensor, un termistor NTC.

### **Resultados y análisis**

Se obtuvo un grado de correlación lineal directa aproximado de 0.8. Otra medida útil que se encuentra fuertemente relacionada con el coeficiente de correlación es el coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>”, el cual indica en este caso el porcentaje de variabilidad de radiación solar global medida en función de la temperatura ambiente. Este porcentaje de variabilidad se encuentra alrededor del 60%, que es un buen indicador ya que solamente se está haciendo uso de una variable para explicar el valor de la medida de radiación solar global y no se ha considerado el efecto de otras variables ambientales que también influyen significativamente en la medida de la radiación solar global.

#### **4.1.1.2.2 Índice de claridad atmosférico para Bogotá a partir de datos de radiación solar**

Con base en los datos proporcionados en el año 2001 por los investigadores de las Universidades Nacional y Distrital,aportan los cálculos sobre la claridad atmosférica en la ciudad de Bogotá no solo parámetros tomados como fuente energética alternativa y generación de energía eléctrica, sino también la influencia que tiene también la contaminación a nivel local.

La investigación ofrece la siguiente información:

El índice o coeficiente de claridad atmosférico es un valor que se obtiene a partir del cociente entre la radiación solar G<sub>0</sub> que llega a la parte exterior de la atmósfera y la radiación que llega a la superficie terrestre; este índice, nos permite estimar el valor de la cantidad de energía que se disipa y se transforma en diferentes procesos por el paso de la radiación y está físicamente relacionado con el camino de la radiación a través de la atmósfera hasta incidir sobre una superficie a nivel terrestre o del mar(N. L. Forero , W. Meza, M. A. Martínez, L. M. Caicedo, G. Gordillo, (2008),p.167-169).

## Resultados y análisis

Con base en los datos proporcionados se obtiene un grado de correlación lineal directa aproximado de 0.8. Otra medida útil que se encuentra fuertemente relacionada con el coeficiente de correlación es el coeficiente de determinación “R<sup>2</sup>” el cual indica en este caso el porcentaje de variabilidad de radiación solar global medida en función de la temperatura ambiente. Este porcentaje de variabilidad se encuentra alrededor del 60% como se muestra en la siguiente figura, que es un buen indicador ya que solamente se está haciendo uso de una variable para explicar el valor de la medida de radiación solar global y no se ha considerado el efecto de otras variables ambientales que también influyen significativamente en la medida de la radiación solar global.

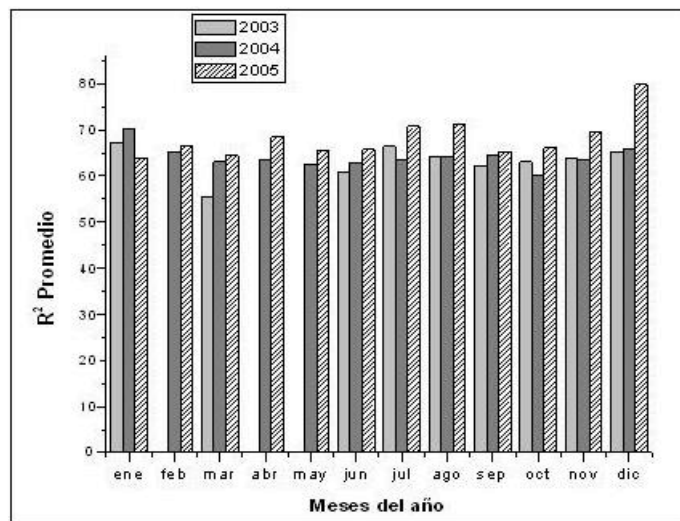


Figura 2. Porcentaje de R<sup>2</sup> mes a mes para cada uno de los tres años.

*Forero, N. L., Martínez, W. W., Hernández, M. D., Martínez, M. A., Caicedo, L. M., & Gordillo, G. (2008) Recuperado de: Análisis Sobre la Correlación Estadística Entre Radiación Solar Global y Temperatura Ambiente en Bogotá. . 359-362.*

### 4.1.1.3 Focal, sistema automatizado para área y costo de un módulo fotovoltaico

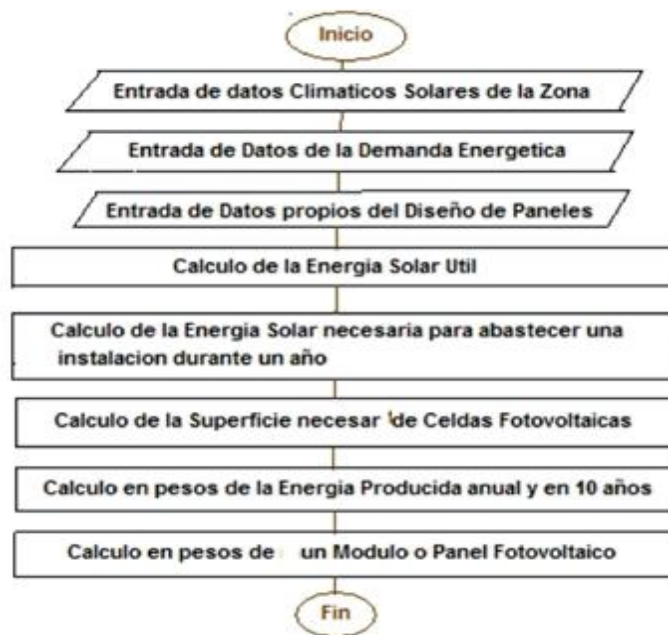
Focal, es un software que permite realizar el cálculo de las dimensiones y la generación de electricidad del módulo fotovoltaico que se necesita para la demanda energética según la radiación solar generada en el momento y estableciendo el precio de la tecnología requerida. A Cuba en 1986, se introdujo la energía fotovoltaica en las áreas rurales de dicho país; en la actualidad éste suceso ha sido relevante a tal punto que los sectores rurales cuentan con 1600 instalaciones aproximadamente con éste preciado desarrollo.

Según Torres, E., &Ceballo, F. (2010). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2), 71-74., el uso de la energía fotovoltaica permite:

- ✓ **Un ahorro considerable frente a otras fuentes no renovables**, estando en ventaja, pues no genera efectos contaminantes que perjudique la atmosfera ni los cambios climáticos.
- ✓ **La disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y sus inestables precios**, ya que vemos que día tras día estos recursos se escasean y asimismo sus precios se elevaran cada vez más.
- ✓ **El valor de esta Tecnología inicialmente es elevado**, pero asimismo no habrá una inversión futura ya que la obtención del recurso principal es gratuita.
- ✓ **Menor dependencia económica y política**, de los países que exportan los combustibles tradicionales.

### Materiales y métodos

Se realizó una caracterización de las áreas donde se manifestaban las diferentes situaciones, donde se confrontaba la demanda energética y la necesidad de establecer los cálculos necesarios, incluyendo el material disponible (hardware) para la ejecución de dichos cálculos. La siguiente imagen representa el procedimiento utilizado por el sistema para la automatización de modulo fotovoltaico.



**Figura 3. Diagrama de flujo sintetizado del sistema**

Torres, E., &Ceballo, F. (2010). Recuperado de: *Fotocal, sistema automatizado para la determinación del área y el costo de un módulo fotovoltaico*. 71-74.

## 4.2 MARCO TEORICO

### ¿Qué son los paneles solares?

Los paneles solares son módulos que aprovechan la energía de la radiación solar. El término comprende a los colectores solares utilizados para producir agua caliente (usualmente en zonas domésticas) y a los paneles fotovoltaicos utilizados para generar electricidad.

Un panel solar es un dispositivo diseñado para captar parte de la radiación solar y convertirla en energía eléctrica, para posteriormente ser utilizada por los trabajos del hombre. Desde hace tiempo, nuestros científicos e investigadores se han propuesto el mejoramiento de las labores diarias, por medio de artefactos tecnológicos los cuales de una u otra forma aprovechan los recursos naturales con los que se cuenta actualmente.

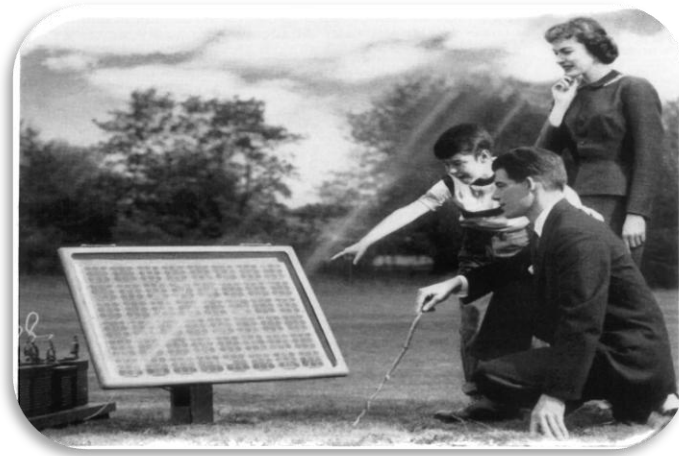
#### 4.2.1 Historia de la energía fotovoltaica

Alexandre-Edmond Becquerel (1839), físico francés. Fue el primero en observar el efecto fotovoltaico, mientras realizaba trabajos en su laboratorio con una pila electrolítica de dos electrodos sumergidos en una sustancia con el mismo químico, y observó que ésta al ser expuesta a la luz aumentaba su generación de electricidad.

Charles Fritts (1883), inventor norteamericano. Construyó la primera celda solar con una eficiencia del 1%. Fue construida utilizando como semiconductor el Selenio con una muy delgada capa de oro. Debido al alto costo de esta celda se utilizó para usos diferentes a la generación de electricidad. Las aplicaciones de la celda de Selenio fueron utilizadas para sensores de luz en la exposición de cámaras fotográficas. Russell Ohl, inventor norteamericano. Construyó una celda de silicio en 1940 y fue patentada en 1946; celda que es utilizada actualmente en muchos procesos de generación de energía.

Para 1953, en los Bell Laboratories, los científicos Calvin Fuller y Gerald Pearson trabajaron sobre la teoría del transistor construido a base de silicio con el fin de hacerle trabajos de mejora; en febrero del mismo año, otro científico llamado Darryl Chapin, en el laboratorio antes mencionado investigó primero con el selenio y luego con el silicio obteniendo eficiencias del 2.3%.

En Abril de 1953, los ejecutivos de los laboratorios Bell, presentaron un panel con células fotovoltaicas que alimentaban una noria (maquina hidráulica) en miniatura “como base a ésta demostración hoy en día se puede apreciar la noria gigante del embarcadero de Santa Mónica, California, alimentada con un sistema fotovoltaico de 50 Kwp (Kilowatt pico, máxima potencia entregada por el panel”.(Pep Puig, Marta Jofra-2010. p. 2-3)



**Figura 4. Primer panel fotovoltaico desarrollado en los Laboratorios Bell**

*Recuperado de: <http://www.google.com.co/imgres?hl=es-419&biw=1024&bih=561&tbm=isch&tbnid=1me7dukXfdn43M:&imgrefurl>.*

#### **4.2.2 Principios de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos**

Un panel solar fotovoltaico es una especie de módulo que tiene como objetivo intentar aprovechar la mayor cantidad de energía que proviene de la radiación solar para transformarla en electricidad, a este proceso se le llama proceso fotovoltaico.

Al incidir los rayos del sol sobre un material semiconductor, los fotones contenidos en la luz entregan su energía a los electrones que se desprenden y pasan de la banda de valencia a la banda de conducción, provocando la ausencia de electrones dejando "huecos" y estableciéndose la corriente eléctrica. Para favorecer el proceso de liberación de electrones se le agregan pequeñas dosis de átomos contaminantes, a este proceso se le denomina dopado del semiconductor.

La energía solar fotovoltaica es un proceso por el cual se transforma la energía que proviene del sol en energía eléctrica, este proceso se realiza gracias a cualidades que tienen ciertos materiales y efectos naturales que se producen en ellos. Esquemáticamente, el sol manda energía en forma de ondas electromagnéticas o en forma de radiaciones, esta energía es procesada por el elemento principal de las instalaciones solares fotovoltaicas, llamado módulo fotovoltaico o placa solar, el cual está compuesto por materiales semiconductores; un material semiconductor es un material que en condiciones normales, no conduce electricidad pero cuando se le aplica o aporta una pequeña energía se vuelven conductores de la corriente eléctrica. Cuando el sol le aporta energía en forma de radiación al material, se produce en ello un proceso llamado efecto fotoeléctrico, que hace que estos materiales se vuelvan conductores produciéndose de esta forma corriente eléctrica en el módulo fotovoltaico.

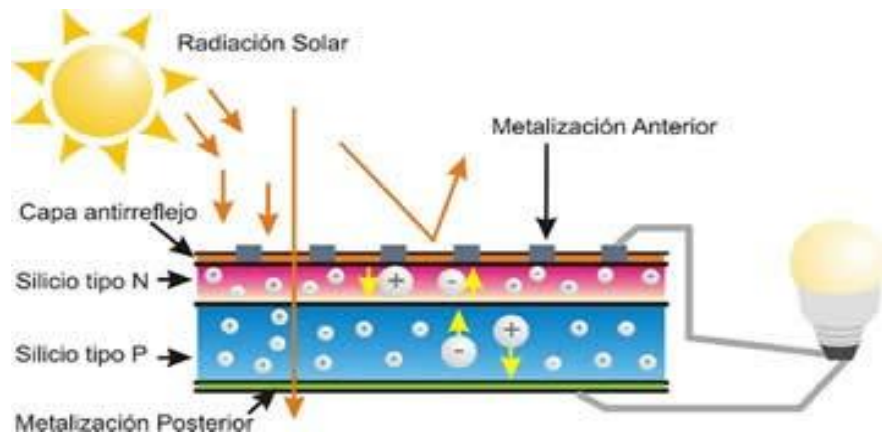


Figura 5. Efecto fotoeléctrico en paneles solares.

Recuperado de: <http://energiasrenovables2012pt.blogspot.com/2012/11/que-es-la-energia-solar.html>

### 4.2.3 Módulos fotovoltaicos

Se refiere a la parte del sistema que convierte la energía de la luz solar en corriente continua, entre los cuales se pueden destacar tres grupos dependiendo del material y su proceso de fabricación, ellos son:

- **Silicio Monocristalinos**, fabricados a base de lingotes (Barra o trozo de metal en bruto, que mantiene la forma del molde donde se ha fundido) puros de silicio. “Posee un muy buen rendimiento en laboratorio de 25% y comercialmente entre 14 y 16%.”(Vallejo C. 2011).
- **Silicio Policristalinos**, fabricados en base a la refundición de piezas de silicio puro produciendo rendimientos menores pero de igual modo óptimos al monocristalino. Los rendimientos de laboratorio se encuentran alrededor del 20,4% y en lo comercial entre los 12-14%.(Vallejo C. 2011).
- **Silicio Amorfo**, fabricados también en base a la refundición de silicio puro y además combinado con múltiples capas delgadas sobre vidrio, entregando rendimientos que supera el 18% y se usa para aplicaciones de pequeñas potencias.(Vallejo C. 2011).

Existen otras tecnologías de capa fina existentes en el mercado, entre ellas encontramos:

- **Diseleniuro de cobre en indio (CIGS)**: Tecnología de capa fina, compuesto por cobre, indio, galio y selenio. Rendimiento de laboratorio 19,4% y un rendimiento comercial de 9%.(Vallejo C. 2011).
- **Telurio de Cadmio (CdTe)**: El telurio elemento semimetálico que combinado con el Cadmio (subproducto del Zinc, plomo y cobre) producen Telurio de Cadmio. Rendimiento de laboratorio 16,7% y un rendimiento comercial de 8%.(Vallejo C. 2011).

#### 4.2.4 Impacto ambiental por la energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica, de igual modo que las demás energías renovables, contribuye al autoabastecimiento energético y constituye una fuente inagotable siendo menos perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo como la contaminación atmosférica y los residuos.



**Figura 6. Proyección de Energía Solar**

*Recuperado de: [http://www.photaki.es/foto-la-energia-solar\\_430439.htm](http://www.photaki.es/foto-la-energia-solar_430439.htm)*

Según la Primera Ley de la Termodinámica al establecer que: “La energía no puede ser creada ni destruida, solo transformada de una forma a otra”(Melendi D. n.d.), se pueden analizar los diferentes tipos de origen de la cual proviene, enumerando los siguientes:

- **Energía química:** es la contenida en los compuestos químicos y que a través de distintos procesos, puede ser susceptible al ser liberada.
- **Energía nuclear:** contenida en los núcleos atómicos y liberada a través de los procesos de fisión y fusión nuclear. Es también llamada energía atómica.
- **Energía eléctrica:** es la que se manifiesta como resultado del flujo de electrones a lo largo de un elemento conductor.
- **Energía mecánica:** es la producida por la materia en movimiento.
- **Energía radiante:** está contenida en los distintos tipos de radiación electromagnética.

Conforme a lo anterior se pueden mencionar los diferentes procesos de transformación de energías que en el transcurso de los años han sido más utilizados para el beneficio de la humanidad, entre ellos se destacan:

- **Energía nuclear en energía eléctrica**, producida en las centrales nucleares.
- **Energía química en energía mecánica**, producida en motores de combustión.
- **Energía eléctrica en energía radiante** (luz y calor), producida en las lámparas.

En todos los procesos vitales ha estado presente la energía en sus diferentes formas, para dar fortaleza o permitir la subsistencia diaria a organismos con los que el ser humano obtiene provecho, para ello el hombre ha recurrido a distintas fuentes energéticas; en un principio fue el fuego, la energía solar, la energía animal, la energía eólica, la hidráulica y en el último siglo la energía de combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón) y la nuclear.

De acuerdo con un documento realizado en el país de México llamado “Programa de Fomento de Sistemas Fotovoltaicos (ProSolar)”, por la Secretaria de Energía (SENER (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), p. 55-57), se establece los diferentes antecedentes, experiencias y análisis del proceso llevado a cabo, así como los beneficios que estos procesos pueden generar en el medio ambiente y por consiguiente en la humanidad.

Los antiguos modelos energéticos (combustibles fósiles) eran medianamente aptos cuando el “mundo era más pequeño, menor población mundial, menor consumo (Melendi D. n.d.); el mundo de hoy necesita nuevas estrategias energéticas, energías más “limpias”, más eficientes y más diversas. Entre ellas se puede encontrar la Energía Solar, que genera algunos factores en el ambiente, tratados en los siguientes temas:

#### **4.2.4.1 Clima**

La generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce flujo térmico ni emisiones de dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) que favorezcan el efecto invernadero.

#### **4.2.4.2 Geología**

Las células fotovoltaicas se fabrican con silicio, elemento obtenido de la arena, muy abundante en la Naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por lo tanto, en la fabricación de los paneles fotovoltaicos no se producen alteraciones en las características litológicas (estudio de las rocas), topográficas o estructurales del terreno.

#### **4.2.4.3 Suelo**

Al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad (degradación del suelo) es nula.



#### **4.2.4.4 Aguas superficiales y subterráneas**

No se produce alteración en el almacenamiento y circulación de agua subterránea o aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

#### **4.2.4.5 Flora y fauna**

La repercusión sobre los inconvenientes que podría generar los paneles solares sobre la vegetación es nula, y al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

#### **4.2.4.6 Paisaje**

Los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual.

#### **4.2.4.7 Ruidos**

El sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los aerogeneradores.

#### **4.2.4.8 Medio social**

El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas.

La energía solar fotovoltaica representa la mejor solución para aquellos lugares a los que se quiere dotar de energía eléctrica preservando las condiciones del entorno; como es el caso por ejemplo de los Espacios Naturales Protegidos.

De acuerdo a los anteriores aspectos, un Proyecto de Energías Renovables de Galápagos “ERGAL”(año 2006 p. 24, Resumen Ejecutivo), solicito al Ministerio de Minas y Energía, junto al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, se realizara el estudio de factibilidad para la generación de energía renovable en la generación de electricidad.

### **4.2.5 Generación de energías limpias**

En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, que pueden transformarla en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o

energías limpias, que puede hacer considerables contribuciones a resolver algunos de los más urgentes problemas que afronta la Humanidad.

Las diferentes tecnologías solares se clasifican en pasivas o activas en función de la forma en que capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes sistemas enmarcados en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.



**Figura 7. Energías Limpias**

*Recuperado de: [//www.google.com.co/imgres?imgurl](http://www.google.com.co/imgres?imgurl)*

La fuente de energía solar más desarrollada en la actualidad es la energía solar fotovoltaica. “Según informes de la organización ecologista Greenpeace, la energía solar fotovoltaica podría suministrar electricidad a dos tercios de la población mundial en 2030.” (Benavides J. n.d). Actualmente, y gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el costo de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron las primeras células solares comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, su costo, su medio de generación eléctrico ya que es competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas, alcanzando igual extensión de red.

En este sentido, José Luis García, responsable de las campañas de energía de GREENPEACE señala que:

Dentro de la energía solar hay dos bloques: La energía solar **pasiva** y la **activa**. Se diferencian en que la pasiva aprovecha la energía sin la utilización de ningún sistema de conversión o transferencia de energía, la activa sí. Dentro de la energía solar activa, se incluiría la energía solar térmica, aquellos sistemas que aprovechan la energía del Sol para una demanda energética de calor y la energía solar

fotovoltaica, aquella que convierte la luz del Sol en electricidad. Los mecanismos para obtener tanto el calor como la electricidad variarán tanto en la instalación requerida como en su aplicación. (García Delgado J.L., Jiménez J.C (2008) P. 239).

Así, en líneas generales hay que apuntar que el calor se logra por medio de los denominados colectores térmicos y la electricidad mediante los módulos fotovoltaicos.

Por otro lado, se habla del desaprovechamiento de la energía solar, por ejemplo:

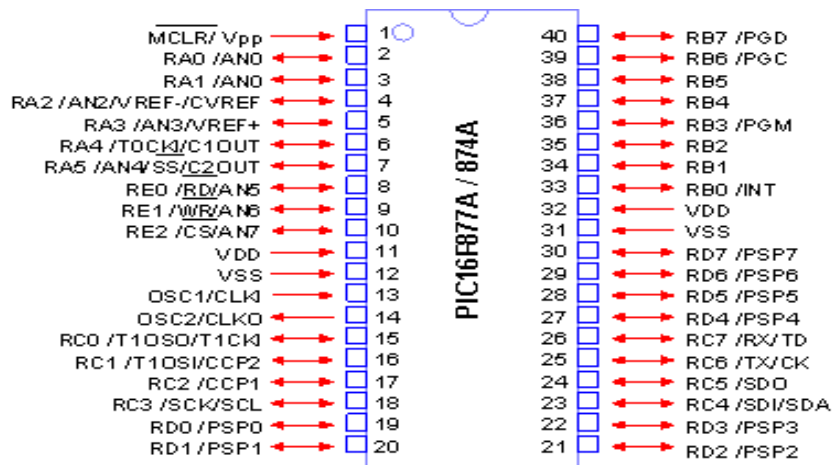
- El Centro de Estudios de la Energía Solar (CENSOLAR), "el Sol arrojará durante este año sobre la Tierra cuatro mil veces más de energía de la que vamos a consumir".(El boom de la energía solar,CENSOLAR (Abril de 2009)).
- Por su parte Greenpeace señala que "la cantidad que recibe la Tierra en 30 minutos es equivalente a toda la energía consumida por la humanidad en un año". Una radiación solar que seguirá llegando durante 6.000 años más. (La Energía Solar, n.d)

#### **4.2.6 Posibles dispositivos electrónicos a utilizar**

Para un óptimo desarrollo del prototipo, el cual se basa principalmente en el mejor aprovechamiento de la energía proporcionada por el sol, se tiene en cuenta el funcionamiento de algunos dispositivos electrónicos, de acuerdo a sus características que puedan ser más acordes a la necesidad del proyecto, usados anteriormente en los laboratorios de la Universidad Minuto de Dios de la ciudad de Girardot y que han permitido un interesante aprendizaje.

##### **4.2.6.1 Microcontroladores**

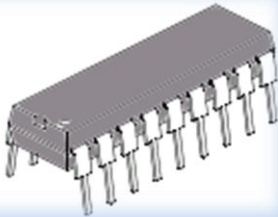
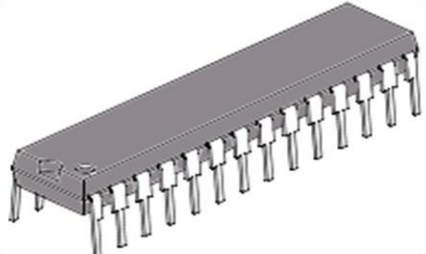
Es un circuito integrado o chip que tiene una estructura (arquitectura) interior tres unidades funcionales de una computadora: Procesador, Memoria y unidades de entrada y salida. Su misión al igual que cualquier ordenador personal es la misma que una calculadora. Frente a datos de entrada, sigue un programa, un algoritmo dado por un programador y cambia su estado interior.



**Figura 8. Arquitectura del Microcontrolador 16f877A.**

Recuperado de: <http://www.cursomicros.com/pic/arquitectura/los-puertos.html>

A continuación se presenta una tabla que compara las características de dos microcontroladores usados en los laboratorios de la universidad Minuto de Dios.

<b>CARACTERISTICAS RELEVANTES DE LOS MICROCONTROLADORES 16F84A Y 16F87XA</b>	
 <b>MICROCONTROLADOR 16F84A</b>	 <b>MICROCONTROLADOR 16F87XA</b>
Solo 35 instrucciones que aprender	Solo 35 instrucciones que aprender
Velocidad de operación de hasta 20 MHz (modelo PIC16F84A-20)	Velocidad de operación de hasta 20 MHz (200 ns por instrucción básica)
1024 palabras de memoria de programa (FLASH)	Hasta 8 K de palabras de 14 bits de memoria de programa (FLASH)

68 bytes de RAM de Datos estática	Hasta 368 bytes de RAM de Datos estática
64 bytes de EEPROM de Datos	Hasta 256 bytes de EEPROM de Datos
Pila hardware de 8 niveles	Pila hardware de 8 niveles
Pila hardware de 8 niveles	Hasta 15 fuentes de interrupción
13 pines de E/S con control de dirección individual	Hasta 33 pines de E/S con control de dirección individual
Suministro de hasta 25 mA de corriente por pin en los puertos	Suministro de hasta 25 mA de corriente por pin en los puertos
TMR0: temporizador/contador de 8-bits con <i>prescaler</i> programable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timer0: temporizador/contador de 8-bits con <i>prescaler</i> programable</li> <li>• Timer1: temporizador/contador de 16-bits con <i>prescaler</i> programable</li> <li>• Timer2: temporizador de 8-bits con <i>prescaler</i> y <i>postcaler</i> programables</li> </ul>
Memoria de programa FLASH para 10 000 ciclos de borrado/escritura típicamente	Memoria de programa FLASH para 100 000 ciclos de borrado/escritura típicamente
Memoria EEPROM para 10 000 000 de ciclos de borrado/escritura típicamente	Memoria EEPROM para 1 000 000 de ciclos de borrado/escritura típicamente
Programación Serial en el Circuito, <i>ICSP</i>	Programación Serial en el Circuito, <i>ICSP</i>
<i>Watchdog</i> Timer con su propio oscilador RC	<i>Watchdog</i> Timer
Capacidad de protección de código	Capacidad de protección de código

Tabla 1. *Comparación entre Microcontrolador 16f84A y 16f87xA*

#### 4.2.6.2 Batería

Las baterías cumplen la función de almacenamiento de la energía generada por los paneles fotovoltaicos, además de esto proporcionan una potencia y fijan la tensión del sistema. Los datos y características básicas a considerar al comprar una batería son:

- **Eficiencia de carga:** corresponde a la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la energía almacenada en ésta. Debe estar en torno al 100%.
- **Auto descarga:** proceso por el cual descarga la batería cuando esta no está siendo utilizada. Se tomará en consideración la batería que presente bajos niveles de auto descarga.
- **Profundidad de descarga:** es un indicador de la vida útil de la batería, en función del porcentaje de descarga. En consecuencia a mayor profundidad de descarga, menor número de ciclos de carga/descarga soportará la batería. Una de las baterías más utilizadas en los sistemas fotovoltaicos son las de plomoácido por las características que presentan.



Figura 9. Batería, almacenamiento de energía

Recuperado de: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/kingmax-1000mah-7-4v-25c-rc-lipo-battery-for-airplane-383733824.html>

#### 4.2.6.3 Panel fotovoltaico

Son dispositivos que aprovechan la energía de la radiación solar; están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos (energía solar fotovoltaica). El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son: (Energía Fotovoltaica n.d.).

- Radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de célula de 25 °C (no temperatura ambiente).



**Figura 10. Panel Fotovoltaico**

*Recuperado de: <http://es.dreamstime.com/fotos-de-archivo-el-panel-solar-con-el-sol-image21011393>*

#### **4.2.6.4 Motor de corriente continua o corriente directa**

Un motor eléctrico de Corriente Continua es esencialmente una máquina que convierte energía eléctrica en movimiento o trabajo mecánico, a través de medios electromagnéticos.

Una máquina de corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes, un estator que da soporte mecánico al aparato y tiene un hueco en el centro generalmente de forma cilíndrica. El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas.



**Figura 11. Motor de corriente continúa**

*Recuperado de: <http://sgmadamotor.en.made-in-china.com/offer/MeaQFpndCrVy/Sell-DC-Motor-RS-775-.html>*

motor de 2 kg de torque a 60 rpm.

#### 4.2.6.5 Piñonaría

Un piñón, es una rueda o cilindro dentado que engrana en otro formando un mecanismo para la transmisión del movimiento a un eje. Se presenta de variadas formas y materiales, construidos a través de diferentes procesos de moldeo, tratamiento y mecanizado. La combinación de dos o más piñones se llama engranaje y el conjunto de dos o más engranajes, se llama tren de engranajes.

Estos sistemas se utilizan sobre todo para transmitir movimiento giratorio, pero usando piñones apropiados y piezas dentadas planas, puede transformar movimiento alternativo adelante y atrás en giratorio y viceversa. Un engranaje básico está formado por dos ruedas dentadas: la mayor denominada corona, y la menor, piñón. Se pueden identificar las siguientes partes en todos los piñones, sin importar su tipo o clasificación:

- **Manzana o cubo:** parte central del engranaje que abraza al eje y queda unida a él por intermedio de una chaveta o pasador.
- **Rayos:** elementos encargados de unir los dientes con la masa que pueden ser remplazados por una parte maciza, o un disco.
- **Llanta o corona:** anillo circular donde van tallados los dientes.
- **Dientes:** elementos tallados en la rueda o cilindro, destinados a la transmisión del movimiento.

#### ✓ Clasificación

Según la forma de los dientes se clasifican en:

- **Helicoidales:** los dientes de estos engranajes no son paralelos al eje de la rueda dentada, sino que se enroscan en torno al eje en forma de hélice. Estos engranajes son apropiados para grandes cargas porque los dientes encajan formando un ángulo agudo mayor de  $0^\circ$  y menor de  $90^\circ$  en lugar de un ángulo recto, de  $90^\circ$ . Tienen un funcionamiento relativamente silencioso. Se utilizan en las transmisiones posteriores de camiones y automóviles. Representan una forma desarrollada de transmisión, capaz de aportar formas y resistencias imposibles de obtener con los engranes rectos.





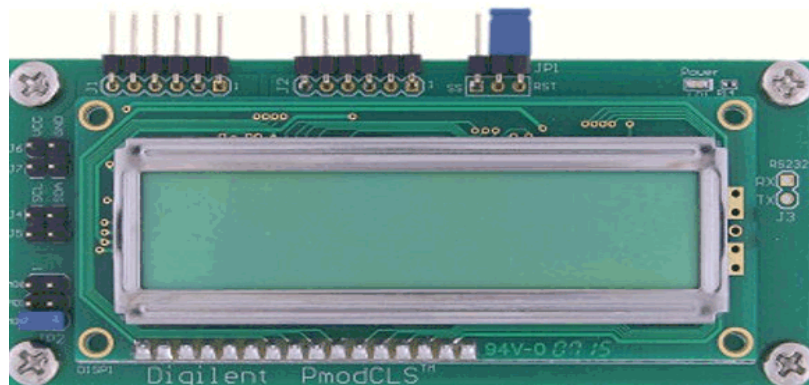
**Figura 12. Piñones Helicoidales**

*Recuperado de:* <http://www.engranajesjuaristi.com/engranajes-rectos-helicoidales.php>

- **Cónicos:** los engranajes cónicos, así llamados por su forma, tienen dientes rectos con un determinado ángulo y se emplean para transmitir movimiento giratorio entre ejes no paralelos.
- **Sin fin y corona:** permiten la transmisión de potencia sobre ejes perpendiculares.

#### 4.2.6.6 Modulo LCD

Los módulos LCD son dispositivos, los cuales constan de una pantalla de cristal líquido la cual tiene la capacidad de mostrar cualquier carácter alfa numérico. Estos dispositivos ya vienen con toda la lógica de control pre-programada en su fabricación y lo mejor de todo es que el consumo de corriente es mínimo y no se tendrán que organizar tablas especiales como se hacía anteriormente con los displays de siete segmentos.



**Figura 13. Modulo LCD**

*Recuperado de:* [http://aliatron.pt/e-biz/index.php?manufacturers\\_id=38&osCsid=gtb3](http://aliatron.pt/e-biz/index.php?manufacturers_id=38&osCsid=gtb3)

#### 4.2.6.7 Sistema de regulación y posterior almacenamiento de energía a la batería. Regulador - elevador de tensión XL6009E1.



**Figura 14. Regulador- elevador de tensión**

*Recuperado de://www.ebay.es/itm/REGULADOR-ELEVADOR-DE-VOLTAJE-XL6009-DC-DC-Step-up-boost-Power-ESPANA-/231079973871*

DSN6009 4A es un regulador-elevador de voltaje de alto rendimiento de conmutación (BOOST). “El módulo utiliza la segunda generación de la tecnología de conmutación de alta frecuencia XL6009E1 de núcleo en lugar de los chips de primera tecnología de generación de LM2577”. El módulo XL6009 tiene un rendimiento superior al módulo LM2577 que está a punto de ser eliminado.(Regulador- elevador de tensión XL6009- reemplaza a LM 2577(Octubre 2013)).

#### **Características**

- Amplia entrada de voltaje 3v ~ 32v, nivel óptimo recomendado 5v ~ 32v
- Amplia salida de voltaje 5v ~ 35v,
- Incluye interruptores MOSFET eficientes de 4A que permiten la eficiencia hasta el 94%, (LM2577 actual es 3A)
- Alta frecuencia de conmutación 400KHz, puede utilizar una pequeña capacidad condensadores de filtro que pueden lograr muy buenos resultados, la ondulación más y más pequeña. (LM2577 frecuencia sólo 50KHz).

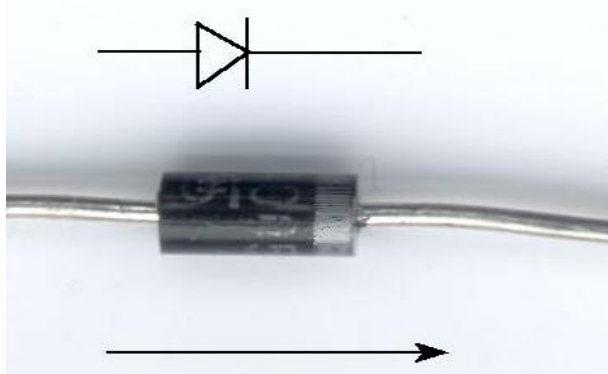
#### **Parámetros técnicos**

- ✓ Rango de entrada: 3V ~ 32V
- ✓ Rango de salida: 5V ~ 35V

- ✓ Corriente de entrada: 4A (max), sin carga 18 mA (entrada de 5V, la salida de 8V, sin carga es de menos de 18 mA. Mayor sea el voltaje, mayor será la corriente de carga.)
- ✓ La eficiencia de conversión: <94% (mayor es la presión, menor es la eficiencia)
- ✓ frecuencia de conmutación: 400KHz
- ✓ Rizado de salida: 50 mV (el mayor sea el voltaje, mayor será la corriente, mayor será la ondulación)
- ✓ Regulación de carga:  $\pm 0,5\%$
- ✓ Regulación de Voltaje:  $\pm 0,5\%$
- ✓ Temperatura de funcionamiento:  $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ Dimensiones: 43mm \* 21mm \* 14m m (L \* W \* H)

#### 4.2.6.8 Diodo

Componente electrónico formado por dos electrodos que solamente permite el paso de la corriente en un sentido, por lo que se usa como rectificador de corriente.

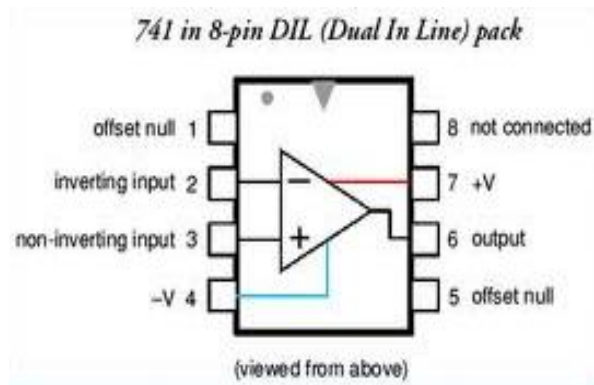


**Figura 15. Estructura y símbolo de un diodo**

*Recuperado de: [http://tv.yoreparo.com/reparacion\\_de\\_tv/408725.html](http://tv.yoreparo.com/reparacion_de_tv/408725.html)*

#### 4.2.6.9 Amplificador operacional

Circuito electrónico (normalmente se presenta como circuito integrado) que tiene dos entradas y una salida. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia).



**Figura 16. Amplificador operacional**

*Recuperado de: [//amplificadoroperacional.blogspot.com/2010/05/el-amplificador-operacional.html](http://amplificadoroperacional.blogspot.com/2010/05/el-amplificador-operacional.html)*

#### 4.2.6.10 Sensores de luz ambiente

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 “ve” la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de sensado 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.



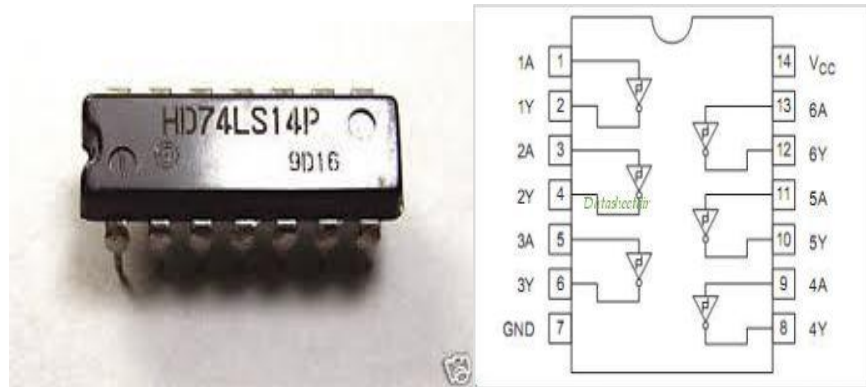
**Figura 17. Sensor de luz ambiente**

*Recuperado de: <http://www.digikey.com/product-detail/es/GA1A2S100SS/425-2778-ND/2136235>*

#### 4.2.6.11 Disparador Schmitt Trigger inversor

El disparador Schmitt es una clase de comparador, el cual utiliza la realimentación positiva para acelerar el ciclo de conmutación. Con la realimentación positiva, un pequeño cambio en la entrada se amplifica y se vuelve a alimentar en fase. Esto refuerza la señal de

entrada, llevando de esta forma a cambios mayores y más velocidad. La realimentación incrementa la ganancia y hace más pronunciada la transición entre los dos niveles de salida, también mantiene al comparador en uno de los dos estados de saturación hasta que se aplique una señal suficientemente grande para superar el estado, el cual depende del valor de los elementos asociados que conforman la red.



**Figura 18. Ejemplo de Schmitt Trigger inversor**

*Recuperado de:* <http://www.datasheetdir.com/HD74LS14P+Inverters-Gates>

## 5. MARCO INSTITUCIONAL

De acuerdo con el historial, las definiciones y opiniones presentadas sobre la energía solar, se puede analizar que el prototipo propuesto sobre el panel fotovoltaico puede ser instalado no solo en la ciudad de Girardot, sino también en diferentes zonas del país, ya que cuenta con gran variedad de flora y fauna, especialmente en las zonas rurales y con el apoyo de los recursos que habla el Plan Nacional de Energía 2006-2025, en el presente capítulo se describe de forma general el escenario de Colombia frente a la disponibilidad del uso de energía solar.

Información propuesta en el Atlas de radiación solar en Colombia (2005), certifica:

Colombia cuenta con un promedio de energía solar diaria de 4.5 KWh/m<sup>2</sup>. Esta energía puede ser utilizada para su aprovechamiento en sistemas tales como colectores solares de placa plana para el calentamiento de agua, paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica (a una pequeña escala), entre otros.

La disponibilidad de energía solar por regiones esta descrita de manera detalla en la siguiente tabla, siendo Guajira y la Costa Atlántica las regiones con mayor potencial solar para el aprovechamiento de esta energía.

Si se comparan estos valores con el valor “máximo mundial es de aproximadamente 2 500 KWh/m<sup>2</sup>/año (desierto del Sahara)”, y el valor promedio de cada región, Guajira tiene un 87.6% y la Costa Atlántica el 73%, demostrando que el país tiene un alto potencial solar; asimismo si estos valores se comparan con la irradiación solar horizontal de Brasil (1,792.5 KWh/m<sup>2</sup>\*Año-Ciudad de Referencia Brasilia) -que es el séptimo país con mayor área superficial instalada de colectores solares de placa plana- Guajira y la Costa Atlántica superan los valores de dicha radiación.(Henao Enciso C. J., Guevara Alfonso J.J., Vélez Pedraza Y., (noviembre de 2010), p. 18)

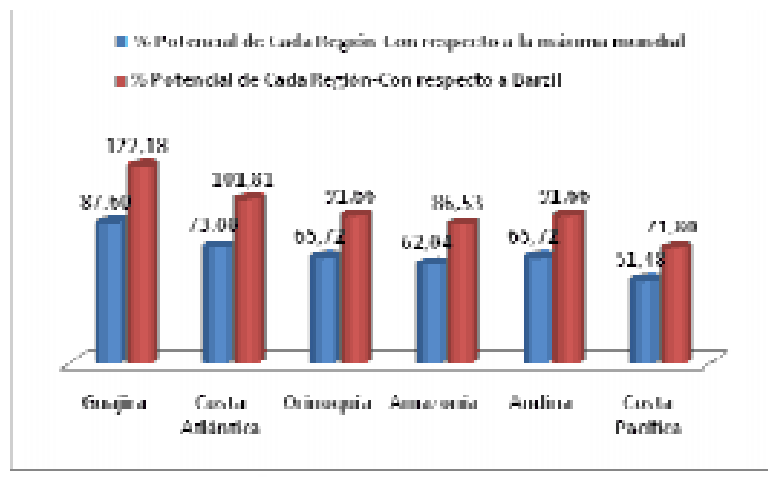
REGION	RANGO DE DISPONIBILIDAD ENERGÍA SOLAR KWH/M²/AÑO*	ENERGÍA SOLAR PROMEDIO KWH/M²/AÑO**
GUAJIRA	1980 - 2340	2190
COSTA ATLANTICA	1260 - 2340	2875
ORINOQUIA	1440 - 2160	1643
AMAZONIA	1440 - 1800	1551
ANDINA	1080 - 1620	1643
COSTA PACIFICA	1080 - 1440	1287

**Tabla 2. Rango anual de disponibilidad de energía solar por regiones**

Observaciones:

\*Datos tomados del Apéndice D. P 22 del Atlas de Radiación Solar de Colombia

\*\*Datos tomados de Atlas de Radiación Solar de Colombia. P 20.



**Figura 19. Potencial de cada región Colombiana comparado con la irradiación solar del desierto del Sahara y Brasil.**

*Recuperado de: Atlas de Irradiación Solar Colombiana.*

CorpoEma, en su informe de 2001, concluye:

Colombia es un país privilegiado en este sentido, que gracias a su posición geográfica en la zona intertropical cuenta con prácticamente toda la variedad de fuentes de Energía Renovable, lo que permite ampliar su canasta energética con una serie de beneficios asociados como dar seguridad a su SIN (Sistema Interconectado Nacional), mejorar la calidad de vida en las ZNI (Zonas No Interconectadas) por la implementación de proyectos FNCE (Fuentes No Convenciones de Energía), contribución a la mitigación del impacto de cambio climático por reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el sistema eléctrico nacional y posibilidad de obtener beneficios económicos en el mercado internacional con la obtención de CERs (Certificados de Reducción de emisiones de Carbono) (Hena Enciso C. J., Guevara Alfonso J.J., Vélez Pedraza Y., (noviembre de 2010), p. 18).

La evaluación existente del recurso indica que Colombia tiene un gran potencial de este recurso, dada su localización entre latitudes 5 grados de latitud Sur (Leticia) y 13,5 grados de latitud Norte (San Andrés), el país tiene un régimen de radiación solar con muy poca variación durante el año, y con promedios diarios mensuales que varían de región a región entre 4 KWh/día y 6 KWh/día. (..) Estos valores indicativos deben ser suficientes para tomar decisiones de política sobre el tema. (Hena Enciso C. J., Guevara Alfonso J.J., Vélez Pedraza Y., (noviembre de 2010), p. 18)

El cambio climático, tal como fue evaluado por el IDEAM en Colombia se manifiesta como una intensificación y un aumento de la frecuencia del ENSO (fenómeno del niño), la cual está directamente relacionada con el régimen de radiación solar sobre el territorio colombiano. Afortunadamente el régimen de radiación solar es complementario con el régimen hídrico, es decir, cuando se reduce el régimen de precipitación sobre el territorio colombiano la radiación solar aumenta<sup>7</sup>.

## **5.1 ASPECTOS GENERALES EN CUNDINAMARCA**

El departamento de Cundinamarca por su ubicación geográfica goza de una posición favorable dentro de la región Andina, dado que cuenta con la mayoría de los pisos térmicos y climas que varían desde el cálido en el Valle del río Magdalena, hasta el páramo de Sumapaz. De acuerdo a la economía de éste departamento, el sector agropecuario constituye la actividad principal de la estructura económica, seguido por la industria.

---

<sup>7</sup> Forero N., Martínez W. Análisis Sobre la Correlación Estadística Entre Radiación Solar Global y Temperatura Ambiente en Bogotá. Revista Colombiana de Física, vol. 40, No. 2, Julio 2008. P.3. información tomada de internet: [http://www.revcolfis.org/publicaciones/vol40\\_2/4002359.pdf](http://www.revcolfis.org/publicaciones/vol40_2/4002359.pdf)



## **5.2 DISPONIBILIDAD DE BRILLO SOLAR EN EL SECTOR DE ACTUACION, GIRADOT**

Girardot, ciudad en la que se desempeñará el presente proyecto fotovoltaico y de acuerdo con el análisis climático, podría tenerse en cuenta aspectos de información meteorológica suministrada por la CAR como los siguientes:

El promedio actual de la radiación solar es del orden de 2085,6 horas de luz por año, lo que representa un promedio diario de aproximadamente 6 horas de brillo solar. Su comportamiento a lo largo del año, representa periodos donde el brillo solar es mayor y regularmente coincide con los periodos de menor precipitación y mayor temperatura.

De acuerdo con la geografía se puede mencionar que el tramo inferior del río Bogotá entre Girardot y Tocaima comprende terrenos bajos, planos, ondulados y colinas rodeadas por sistemas de montañas. Por lo anterior se deduce que el territorio comprendido en los alrededores y sectores internos de Girardot, cuenta con un rango clima de temperatura alta y para la finalidad del panel fotovoltaico, es un buen escenario para sus diferentes usos y aplicaciones que se puedan obtener posteriormente.

En los semilleros de investigación, del que hace parte el invernadero desarrollado por estudiantes de la Universidad Minuto de Dios, sería de gran utilidad dicho panel, ya que al tener la opción de hacer parte de este proyecto, serviría como complemento y a la vez elemento de innovación, al obtener el aprovechamiento de un recurso natural y ser el apoyo para otro bien del mismo estilo como son las plantas.

## **6. MARCO CONCEPTUAL**

### **6.1 ENERGÍA SOLAR: RECURSO RENOVABLE**

Se llama energía renovable proveniente del sol, que administrada en forma adecuada, puede explotarse ilimitadamente, es decir, su cantidad disponible en la Tierra no disminuye a medida que se aprovecha. La principal fuente de energía renovable es el Sol.

### **6.2 REGULADOR**

El regulador de carga corresponde a un dispositivo de protección que tiene como finalidad proteger a la batería de sobretensiones o sobrecargas producidas por los paneles fotovoltaicos. Los paneles fotovoltaicos se dimensionan de manera tal de obtener la carga óptima durante los meses de menor luminosidad del sol. Por esto en estaciones donde se producen altos niveles de luminosidad, de no contar con un regulador de carga, podría llegar a sobrecargarse la batería de manera permanente.

### **6.3 REGULADOR LINEAL**

Son sistemas que controlan la tensión de salida ajustando continuamente la caída de tensión en un transistor de potencia conectado en serie entre la entrada no regulada y la carga. Puesto que el transistor debe conducir corriente continuamente, opera en su región activa o lineal. Aunque son más sencillos de utilizar que los reguladores de conmutación, tienden a ser muy ineficientes debido a la potencia consumida por el elemento en serie. Su eficiencia es alrededor del 20% y solamente resultan eficaces para baja potencia ( $< 5 \text{ W}$ ).

### **6.4 INVERSOR**

Los inversores son los encargados de convertir la corriente continua generada por los paneles fotovoltaicos, en corriente alterna para uso en la red eléctrica convencional. Sus características dependerán del arreglo de paneles fotovoltaicos que se realice, los rendimientos de estos dispositivos están en torno al 90%. De igual manera, mientras más cerca estemos de la potencia nominal señalada por el fabricante, obtendremos el rendimiento óptimo de este.

### **6.5 SISTEMAS DE SEGUIMIENTO**

Se refiere a procedimientos o técnicas que se aplican comúnmente a estructuras de soporte de los módulos fotovoltaicos, las cuales tienen como finalidad un óptimo seguimiento solar de manera que pueda proveer el máximo aprovechamiento de la energía entregada por el Sol.

## **6.6 AMPLIFICADOR**

Un amplificador es todo dispositivo que, mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno. El objeto de un amplificador electrónico, es elevar el valor de la tensión, corriente o potencia de una señal variable en el tiempo, procurando mantenerla lo más fiel posible.

## **6.7 SOBRECARGA**

La sobrecarga es el efecto causado por el pasaje de una corriente alta, durante un largo período de tiempo, por la batería. Este largo período puede ser continuo o intermitente. Las reacciones químicas tienen una velocidad propia. Al aumentar la corriente de carga en una batería, estamos aumentando la velocidad de la reacción de carga. Al superar la velocidad propia de la reacción, la energía excedente es transformada en calor.

La temperatura elevada lleva a los elementos químicos, que constituyen la masa activa (elementos que forman parte de la reacción de carga y descarga) a quemarse.

## 7. MARCO LEGAL

### 7.1 ENERGIA RENOVABLES: MARCO JUDICO EN COLOMBIA

Normas generales para la creación de energía eléctrica en Colombia:

- Las leyes 142 y 143 de 1994, regidas por la neutralidad tecnológica sugiere que no es viable usar fuentes renovables mientras sus costos se mantengan mayores que las de las fuentes convencionales.
- La Ley 697/01, sobre Uso Racional de Energía, define como propósito nacional avanzar hacia la utilización de fuentes renovables en pequeña escala y, particularmente, apoya la investigación básica y aplicada para que, con el tiempo, se reduzcan costos y se amplíe la capacidad de energías como la eólica, la solar, la geotérmica o la de biomasa.
- La Ley 788/02 exime del impuesto a la renta las ventas de energía con fuentes renovables, durante quince años, si se obtienen los certificados de reducción de emisiones de carbono previstos en el Protocolo de Kioto, los cuales generan ingresos a los empresarios. El 50% de estos ingresos tiene que destinarse a programas de beneficio social para gozar de la exención del impuesto. (Betancur L. I. (2009) P. 70)

### 7.2 NORMATIVIDAD SOBRE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA Y FOTVOLTAICA

A continuación se presenta un breve resumen de la normatividad vigente en Colombia para sistemas de energía solar, según las normas técnicas colombianas publicadas por el ICONTEC. Se distinguen dos grandes grupos de normas:

- Aquellas que tratan sobre sistemas de energía solar, se refieren a colectores solares, es decir dispositivos para convertir la energía solar en energía térmica.
- Las que tratan sobre sistemas fotovoltaicos, que permiten convertir la energía lumínica (y por tanto solar) en energía eléctrica.

El listado de estas normas agrupadas por categorías temáticas están dadas por terminología, mediciones y ensayos, sistemas fotovoltaicos (Álvarez Álvarez C. A., Serna Alzate F. J. (2012) p.2).

## 7.3 NORMATIVIDAD EN COLOMBIA

El ICONTEC ha publicado un número relativamente amplio de normas sobre energía solar, la mayor parte de ellas enfocadas en procedimientos para realizar ensayos en estos sistemas, presentándose a continuación el siguiente resumen de cada norma técnica colombiana:

### 7.3.1 Terminología

- *Ntc 1736, energía solar. definiciones y nomenclatura (24/8/2005):*

Esta norma define la nomenclatura para variables de radiación solar, parámetros meteorológicos, y parámetros de orientación y localización superficial. La norma lista las definiciones de conceptos generales (absorción, emitancia, reflectancia, etc.), conceptos de radiación y ángulos (afelio, ángulo de hora solar, declinación solar, flujo radiante, irradiación, etc.), y medición de la radiación (anillo de sombra, fotómetro, heliómetro, pirgeómetro, etc.). También incluye una clasificación de los colectores solares, de sus tipos de instalaciones, así como definiciones y gráficas de sus principales componentes.

Esta norma se centra pues en los colectores solares, empleados para obtener energía térmica a partir de la energía solar, y no menciona nada específico de módulo fotovoltaicos.

- *Ntc 2775, energía solar fotovoltaica. terminología y definiciones (24/8/2005):*

Esta norma sólo contiene definiciones referentes a sistemas fotovoltaicos, acordes con la simbología establecida en la norma NTC 1736. No incluye ningún tipo de clasificación de los sistemas fotovoltaicos, ni ningún tipo de especificación sobre los mismos. Sólo define conceptos como arreglo fotovoltaico, batería, potencia pico, celda fotovoltaica, corriente de carga, eficiencia de conversión, oblea, respuesta espectral, silicio policristalino, entre otros términos muy generales.

### 7.3.2 Mediciones y ensayos

- *Ntc 5513, dispositivos fotovoltaicos parte 1: medida de la característica intensidad tensión de los módulos fotovoltaicos (29/8/2007):*

Esta norma describe los procedimientos de medida de la característica corriente-voltaje (I-V) para celdas solares de silicio cristalino, empleando luz natural o simulada. La norma establece requisitos generales para efectuar las medidas, como la calibración del dispositivo de referencia (aquel con el cual se efectúan las medidas de irradiación), su respuesta espectral, la precisión de  $\pm 1$  °C entre el dispositivo de referencia y la probeta, y las conexiones de ensayo.

Seguidamente la norma expone algunas indicaciones para realizar las pruebas con luz natural, con un simulador solar continuo y con un simulador solar pulsado.

El documento finaliza definiendo la información que deben contener los informes de los ensayos que se realicen.

- ***Ntc 5678, campos fotovoltaicos de silicio cristalino medida en el sitio de características i-v (24/6/2006):***

Esta norma describe los procedimientos de medida en sitio de las características de campos fotovoltaicos de silicio cristalino y la extrapolación de estos datos a condiciones estándar de medida o a otros valores de irradiación y temperatura.

Dichas medidas son útiles para determinar la potencia nominal, diferencias entre las características de los módulos en sitio y en laboratorio, y detectar la posible degradación de los módulos.

Se describen dos métodos para realizar la medida, según la norma IEC 60891: el método A, que permite determinar la temperatura efectiva de la unión  $T_{ja}$  partir de medidas directas de temperatura; y el procedimiento B, que permite deducir  $T_{ja}$  partir de datos de  $V_{oc}$  de subcampos medidos a distintos niveles de irradiación.

Se describe el equipo necesario para llevar a cabo cada método y se describen detalladamente los procedimientos a seguir para cada método con sus respectivas fórmulas.

La precisión de la potencia extrapolada no supera el  $\pm 5\%$ .

- ***Ntc 5512, ensayo de corrosión por niebla salina de módulos fotovoltaicos (29/8/2012):***

Esta norma describe el procedimiento para realizar un ensayo que permite determinar la resistencia de los módulos fotovoltaicos a la niebla salina, lo que puede resultar útil a la hora de evaluar la compatibilidad de los materiales usados en los módulos, así como la calidad y uniformidad de los recubrimientos protectores.

Antes de realizar el ensayo, se debe hacer una inspección visual, determinar la característica I-V (según norma IEC 60904-1) y realizar un ensayo de aislamiento según normas NTC 2883 o NTC 5464 (descritas más adelante).

La norma no define el procedimiento del ensayo, sino que determina que éste debe realizarse de acuerdo con las normas IEC 60068-1 e IEC 60068-2-11. Sin embargo, la norma incluye la norma IEC 60068-2-11 como anexo, en donde se explica todo lo concerniente al ensayo  $K_a$  de niebla salina.

- *Ntc 5509, ensayo ultravioleta para módulos fotovoltaicos (fv) (29/10/2008):*

Esta norma define un ensayo que permite determinar la resistencia de un módulo fotovoltaico cuando es expuesto a radiación ultravioleta (UV). Particularmente, el ensayo permite determinar la resistencia de materiales como polímeros y capas protectoras.

### **7.3.3 COMPONENTES DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS**

- *Ntc 2883, módulos fotovoltaicos (fv) de silicio cristalino para aplicación terrestre. calificación del diseño y aprobación de tipo (26/07/2006):*

La presente norma hace referencia a los requisitos establecidos para la calificación del diseño y la aprobación del tipo de módulos fotovoltaicos para aplicación terrestre y para la operación en largos periodos de tiempo en climas moderados (al aire libre), según lo define la norma IEC 60721-2-1. Y su uso principal es en módulos fotovoltaicos que utilicen tecnologías en silicio cristalino.

Se presenta una secuencia de ensayos para determinar las características eléctricas y térmicas del módulo fotovoltaico, algunos ensayos se ilustran a continuación: determinación de la potencia máxima, ensayo de aislamiento (no inferior a 400 Mega ohmios), medición de los coeficientes de temperatura, desempeño a baja irradiancia, ensayo de pre acondicionamiento con radiación UV, ciclos térmicos, ensayo térmico del diodo *bypass*.

- *Ntc 5464, módulos fotovoltaicos de lámina delgada para uso terrestre. calificación del diseño y homologación (22/12/2006):*

Esa norma indica los requisitos, según la norma IEC 721-2-1, para la clasificación del diseño de los sistemas de módulos fotovoltaicos de lámina de delga, que son diseñados principalmente para operar en largos periodos de tiempo y en climas moderados (al aire libre). La tecnología en la cual se basa es la de silicio amorfo pero también puede ser aplicable a otros módulos fotovoltaicos de lámina delgada.

Se presenta una secuencia de ensayos, basada en la norma IEC 1215, para calificar el diseño y aprobar los sistemas con módulos fotovoltaicos de lámina delgada. Algunos de los ensayos son: Funcionamiento a CEM, de aislamiento, medida de los coeficientes de temperatura, funcionamiento a baja irradiancia, ensayo de luz UV, de ciclos térmico, de degradación inducida por luz, ensayo de fugas de corriente en mojado, entre otros. Además, con estos ensayos también se terminan las características eléctricas y térmicas del módulo fotovoltaico.

- ***Ntc 5549, sistemas fotovoltaicos terrestres. generadores de potencia. generalidades y guía (16/11/2007):***

Esta norma brinda una visión general de los sistemas fotovoltaicos (fv) terrestres generadores de potencia y de los elementos funcionales que los constituye.

- ***Ntc 5287, celdas y baterías secundarias para sistemas de energía solar fotovoltaica. requisitos generales y métodos de ensayo (15/07/2009):***

Esta norma suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías. No se incluye información acerca del tamaño de las baterías, el método de carga o al diseño en sí de los sistemas solares fotovoltaicos.

Las condiciones generales en las que se encuentran las baterías funcionando normalmente en un sistema fotovoltaico, pueden ser: de autonomía, corrientes típicas de carga y descarga, ciclo diario, ciclo estacional, periodo de estado de carga alta, periodo prolongado en estado de carga baja, estratificación del electrolito, almacenamiento, temperatura de funcionamiento, control de carga, protección física, entre otras.

Los ensayos típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías son los siguientes: ensayo de capacidad, ensayo de capacidad de ciclaje, ensayo de conservación de la carga, ensayo de capacidad de ciclaje para condiciones extremas y por ultimo están los ensayos de tipo y aceptación.

- ***Ntc 5433, informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos (30/08/2006):***

La norma contiene información acerca de la configuración de sistemas con módulos fotovoltaicos para garantizar que estén constituidos de una manera óptima y segura.

Para esto se requiere información de los materiales por los que está constituido el modulo fotovoltaico, como es el funcionamiento eléctrico, características térmicas, clasificación de potencia y tolerancias de producción y algunos valores característicos para la integración de sistemas (tensión de circuito abierto y corriente inversa).

- ***Ntc 2959, guía para caracterizar las baterías de almacenamiento para sistemas fotovoltaicos (18/09/1991):***

La presente norma tiene como objeto mostrar una metodología para la presentación de la información técnica relacionada con la selección de baterías para el almacenamiento de energía en sistemas fotovoltaicos. Además, se presenta un procedimiento para verificar



la capacidad, eficiencia y duración de las baterías de acumulación. Se muestran algunos ensayos para la aplicación propia de los sistemas fotovoltaicos como: ensayo de capacidad y de eficiencia en amperios - hora y ensayos cíclicos.

- *Ntc 5627, componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. calificación del diseño y ensayos ambientales (29/10/2008):*

La actual norma establece algunos requisitos para la clasificación del diseño, de los componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Se centra principalmente en componentes solares específicos tales como baterías, inversores (onduladores), controladores de carga, conjuntos de diodos, radiadores, limitadores de tensión, cajas de conexiones y dispositivos de rastreo del punto de máxima potencia, pero puede aplicarse a otros componentes complementarios del sistema.

Por otro lado se presenta la calificación de los sistemas fotovoltaicos, basado en lo especificado por la norma NTC 2883 y NTC 5464. La norma también muestra una secuencia de ensayos para determinar las características de funcionamiento de cada componente, como: inspección visual, ensayo de funcionamiento, de comportamiento, de aislamiento, exposición a la intemperie, vibración, choque, radiación ultravioleta, húmeda – congelación, entre otros.

## **7.4 NORMATIVIDAD INTERNACIONAL**

Un buen número de las normas técnicas que se han tratado hasta aquí han tomado por referencia la norma europea de la International Electrotechnical Commission – IEC, que cuenta con un comité dedicado a emitir normas internacionales sobre sistemas de energía solar fotovoltaica (el comité TC 82).

Este comité ha publicado un total de 64 normas técnicas disponibles en varios idiomas (inglés, francés y español), algunas de las cuales ya fueron referenciadas en los apartados anteriores.

## 8. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para dar inicio el proceso de desarrollo, diseño, construcción e implementación del presente proyecto, éste se aborda desde tres enfoques, los cuales si bien son diferentes, al integrarse dan forma al trabajo realizado y permiten apreciarlo de forma global. Los enfoques son:

- Diseño y Desarrollo Funcional-Modular.
- Diseño y Desarrollo Electrónico.
- Diseño y Desarrollo Mecánico-Estructural.

A continuación, se describe el desarrollo del proyecto desde cada una de los enfoques presentados.

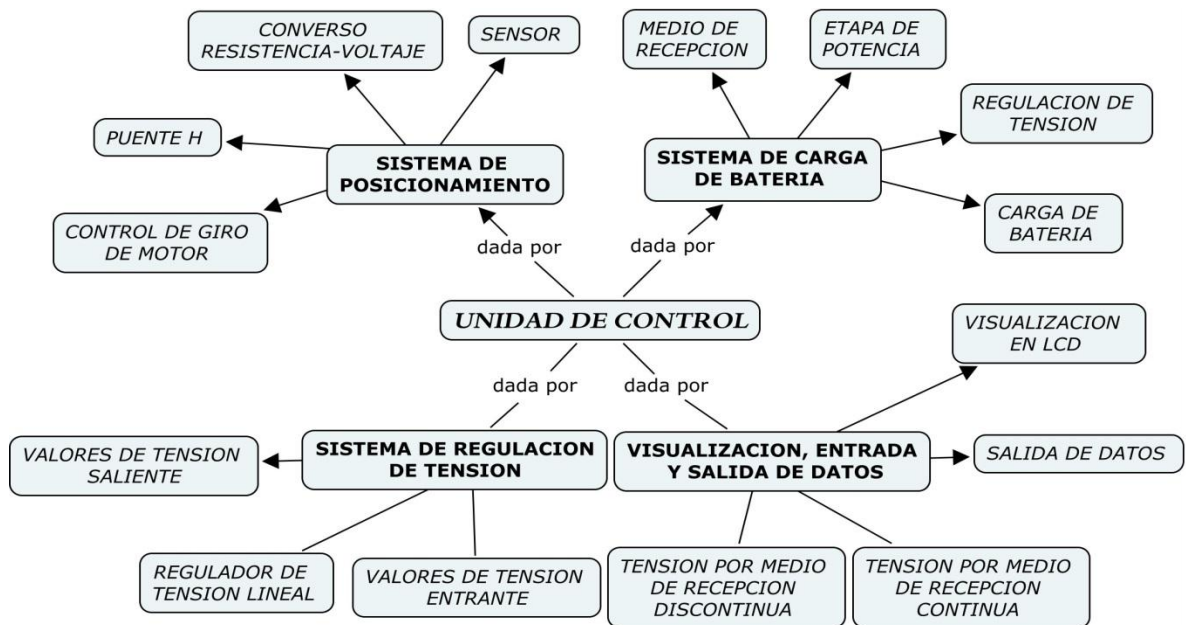
### 8.1 DISEÑO Y DESARROLLO FUNCIONAL-MODULAR

Para el diseño del dispositivo, se tuvo en cuenta los componentes que forman parte de las siguientes etapas:

- ✓ Sistema de posicionamiento
- ✓ Sistema de carga de batería
- ✓ Sistema de regulación de tensión
- ✓ Sistema de visualización, entrada y salida de datos

El siguiente diagrama, ilustra las relaciones existentes entre cada etapa:

#### ➤ FIGURA GENERAL



**Figura 20. Figura general de diseño y desarrollo funcional-modular**  
 Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto

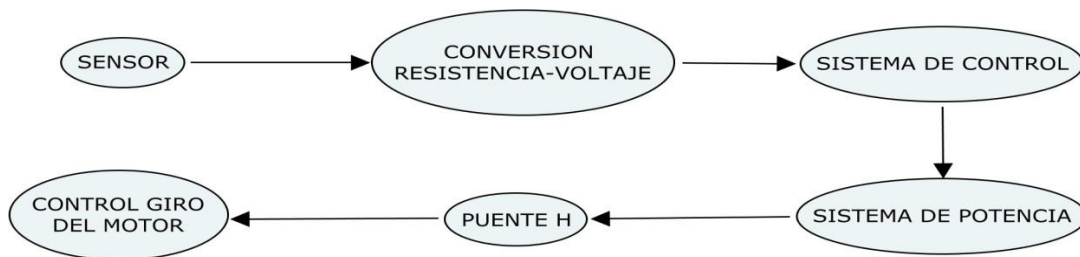
### 8.1.1 Sistema de posicionamiento

La etapa de transformación, es la encargada de permitir la transformación de energía solar a energía eléctrica, esta etapa está compuesta en esencia por el panel solar.

Dado que el sol es una fuente de energía en movimiento, al dispositivo de transformación de energía, se le ha adicionado un sistema que permite mejorar el ángulo de incidencia de los haces de luz sobre el panel. Este mecanismo, permite realizar ajustes en la inclinación de la estructura secuencialmente, ya que la detención del movimiento del soporte en el que se encuentra el panel, será gobernada por la fotorresistencia, con el fin de garantizar el aprovechamiento de la radiación solar.

El sistema de posicionamiento, está conformado por un motor y un engranaje, que al estar mecánicamente ubicado sobre el soporte del panel, provoca que este se incline desde un ángulo de  $-45^\circ$  a  $+45^\circ$  respecto a la posición angular del sol. El siguiente diagrama de bloques, representa el funcionamiento del presente sistema.

#### ➤ Figura de posicionamiento



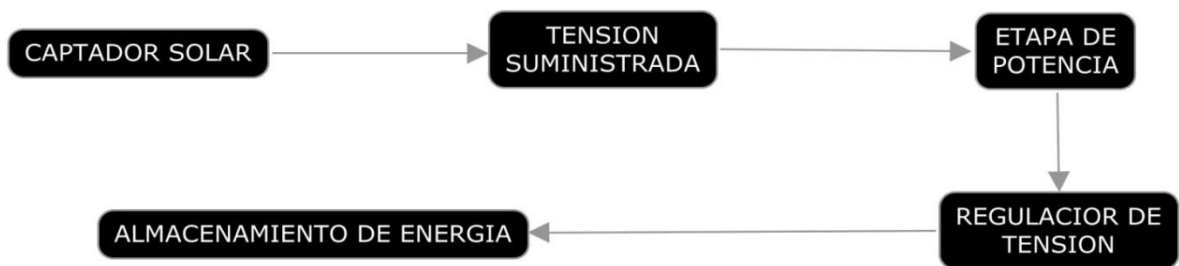
**Figura 21 Sistema de posicionamiento.**

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

En la anterior figura se puede apreciar el procedimiento llevado a cabo; la fotorresistencia es el sensor mediante el cual se envía la señal si hay presencia de luz solar, ésta señal es recibida por la compuerta HD74LS14P que convierte la señal en un pulso dirigido posteriormente a microcontrolador. Una vez controlados los pulsos respecto a un tiempo determinado, el driver L293D los recibe y domina el sentido de giro del motor.

### 8.1.2 Sistema de carga de batería

Ante la oportunidad de obtener energía eléctrica por medio de la transformación fotovoltaica, surge la idea de almacenarla por medio de una batería, adquiriendo así una fuente portable y ver la necesidad de nosolicitar medios de alimentación eléctrica adicionales. En la siguiente figura, se puede observar los bloques actuantes:



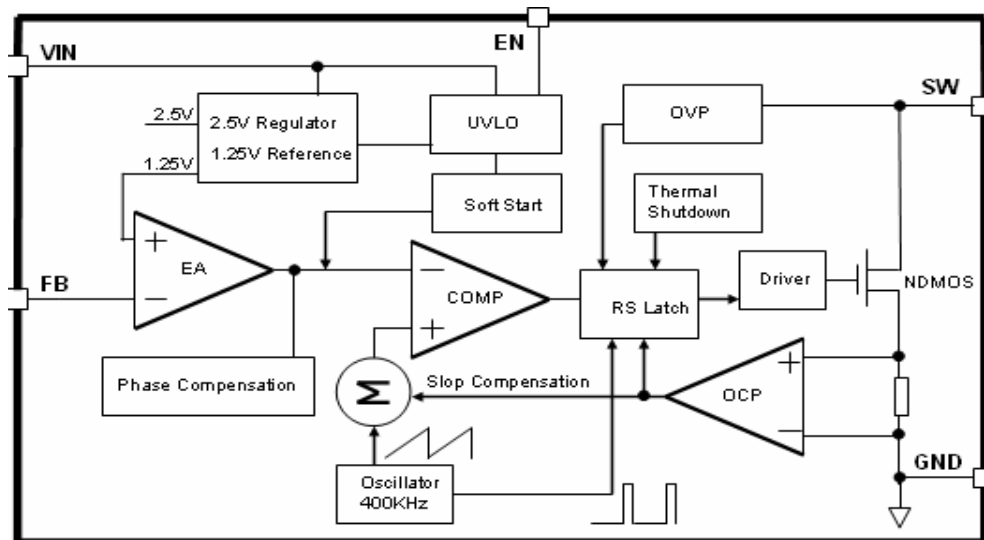
**Figura 22** Sistema de carga de batería

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

Por medio de un captador de energía solar como es el panel, se puede obtener un suministro de tensión que varía con respecto a la cantidad de luz proveniente del sol, ésta tensión al no ser constante, es necesario adecuarle un sistema que solucione este factor, característica con la cual cuenta la tarjeta XL6009. El voltaje saliente de dicho regulador, es dispuesto a ser suministrado a la batería, acumulador de tensión.

### 8.1.3 Sistema de regulación de tensión

Para el presente sistema es necesario tomar de apoyo del regulador y elevador de tensión XL6009, ya que se ajusta a las necesidades requeridas, pero como ante todo, es necesario saber el funcionamiento interno de dicho dispositivo y la forma de operación ante las circunstancias que se hacen presentes en el desarrollo del presente proyecto, a continuación se presenta el diagrama de bloques de XL6009:



**Figura 23** Diagrama de bloques funcional del regulador XL6009

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

➤ Funcionamiento del regulador.

Su funcionamiento se basa en un sistema en el cual un parámetro electrónico deseado se compara con uno de referencia. Una fuente de alimentación regulada utiliza una de alimentación negativa, que detecta las variaciones de la tensión de salida actuando sobre un control, corrigiéndolas automáticamente.

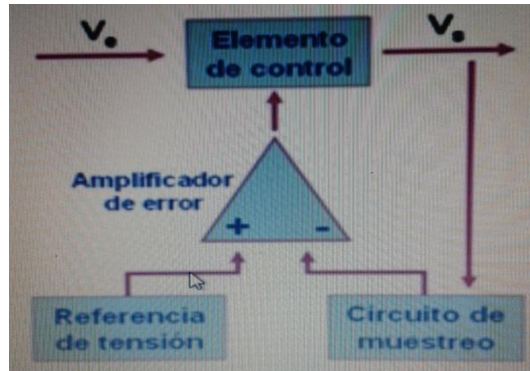


Figura 24 Diagrama de bloques de funcionamiento regulador lineal

Recuperado de: Video-tutorial deregulador lineal

La misión del regulador es:

- Establecer niveles de tensión adecuados.
- Mantener la tensión o intensidad regulada constante.
- Efectuar los cambios necesarios para compensar las variaciones de la fuente primaria y de la carga.

➤ Sistema de regulación de tensión en lazo cerrado

Una variación de tensión de salida es detectada por el amplificador de error al comparar la referencia de tensión con el circuito de muestreo. Este amplificador opera sobre el elemento de control en serie para restaurar la tensión de salida. Los bloques que forman el regulador de tensión en lazo cerrado son los siguientes:

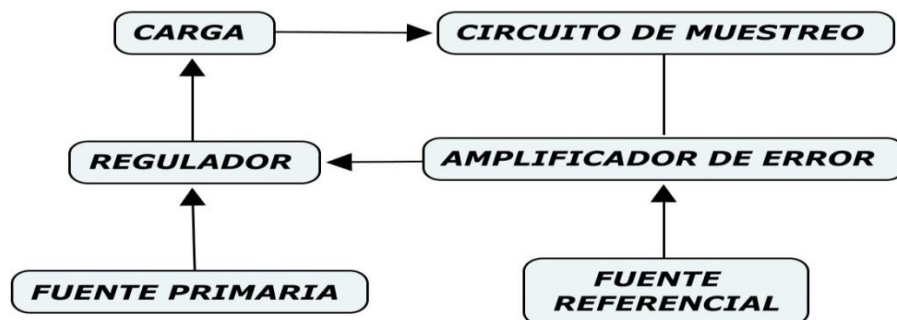


Figura 25 Diagrama de bloques del regulador y elevador de tensión

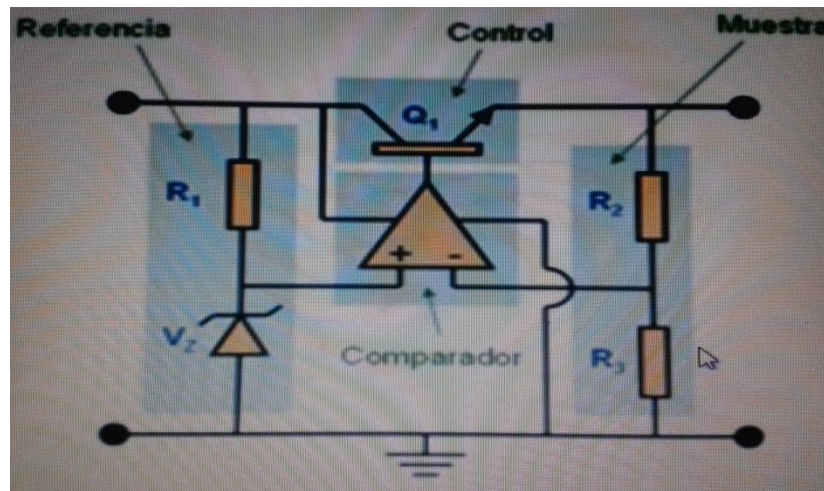


Figura 26 Diagrama de regulador y elevador de tensión mediante simbología.

Recuperado de: Video-tutorial de regulador lineal

Partiendo de la tensión que proporciona el panel, la cual no siempre es estable, se puede obtener una tensión regulada a la salida y así poder entregarla a la batería sin problemas.

#### 8.1.4 Visualización, entrada y salida de datos

Como medida alternativa, se decidió crear un espacio en el desarrollo del proyecto, en el cual se tuviese el control por medio visual de las tensiones arrojadas tanto por el panel, como en la salida del regulador, con el fin de tener un mejor seguimiento del sistema. De acuerdo a lo anterior, se presenta el diagrama de la visualización de tensiones:

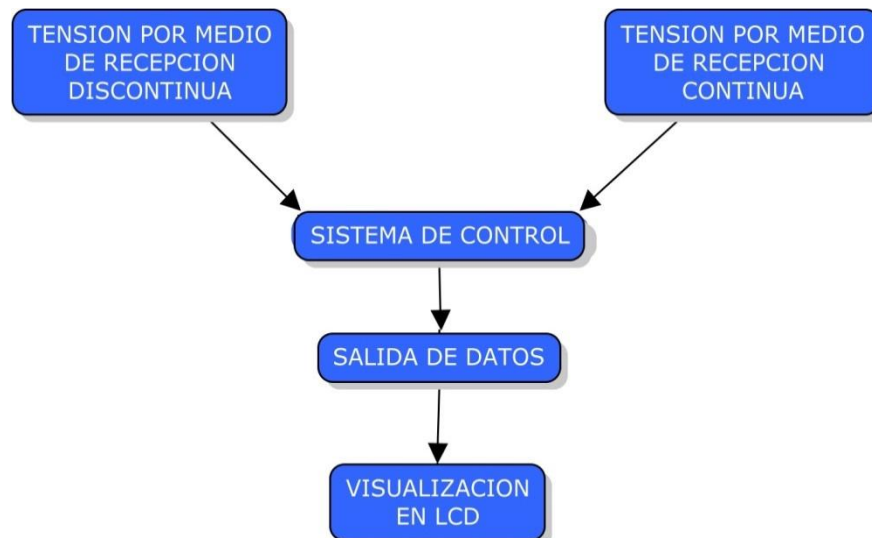


Figura 27 Diagrama de bloques de visualización en LCD

Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto

En el anterior diagrama se observan las tensiones tomadas a las salidas de la batería y del regulador, las cuales son dirigidas al sistema de control que lo domina el microcontrolador, el cual al realizar su conversión analógica a digital, destina los datos salientes por medio de códigos al visualizador LCD.

### ❖ Lista de materiales

- 1 Panel Fotovoltaico Golden Sum  
Tipo: GS5M  
Módulo de aplicación: Clase A
- 1 Regulador - elevador de tensión XL6009E1.
- 1 Driver L293D
- 1 Motor de Corriente Directa (DC)
- Resistencias
- 1 Microcontrolador
- 1 Modulo LCD
- Engranaje
- 2 Tarjetas impresas con respectivos circuitos

## 8.2 DISEÑO ESTRUCTURAL Y DESARROLLO ELECTRÓNICO.

Mediante el diseño y la aplicación de los circuitos electrónicos, se puede observar el funcionamiento de los sistemas con más claridad, es por ello que se ha querido intervenir en este aspecto. Para interpretar los requerimientos que el presente sistema electrónico solicita, se hizo necesario contar con el apoyo de dos software que permite un trabajo apropiado, los cuales son PIC C Compiler<sup>10</sup> e ISIS Professional Proteus<sup>11</sup>.

A continuación se presenta la estructura fabricada en aluminio, que favorece el posicionamiento y óptima recepción de luminosidad solar.

---

<sup>10</sup>es un software que proporciona al usuario una herramienta de programación, la cual contiene funciones incorporadas en bibliotecas específicas a los registros de PIC en lenguaje en C.

<sup>11</sup>permite la simulación de los circuitos previamente analizados, teniendo como finalidad un funcionamiento virtual que asegura en el mayor de los casos el correcto desarrollo del circuito en físico.



**Figura28. Estructura física del proyecto cargador de energía eléctrica por energía solar.**

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

Dentro de los circuitos hechos en el software ISIS Professional Proteus se encuentran diversos bloques funcionales que en conjunto, permiten al panel posicionarse ortogonalmente ante la mayor luminosidad que esté recibiendo en el transcurso de un día; dichos bloques funcionales son:



## 8.2.1 CONTROL

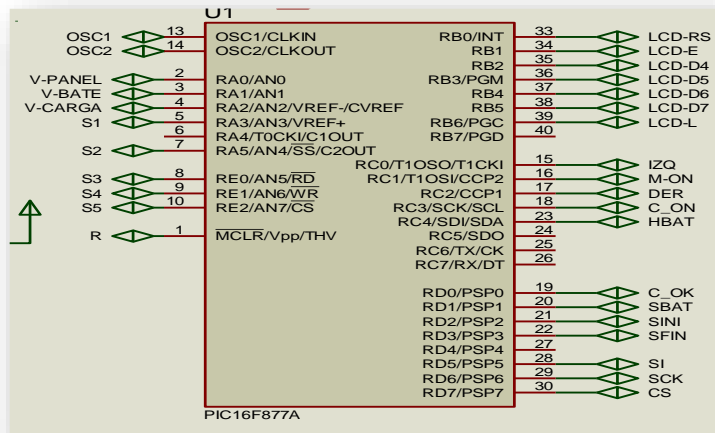


Figura30. Símbolo de Microcontrolador PIC 16F877A en software ISIS PROTEUS.

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

El sistema de control se realiza por medio de un Microcontrolador PIC 16F877A, el cual al introducirle el código fuente diseñado y comprobado, tiene el gobierno de dicho sistema siendo el eje central del funcionamiento global. En la anterior imagen se aprecian los puertos usados en modo emisión y recepción respectivamente. La emisión de datos por medio de sensores de luz y el sensor efecto hall y recepción a los diferentes comandos que actúan como son el motor, la pantalla LCD, las baterías, los leds, entre otros.

Para mejor la comprensión del funcionamiento al usuario, se pretende generar en el circuito, algunas características físicas que muestran los procedimientos que en el momento suceden, tales como:

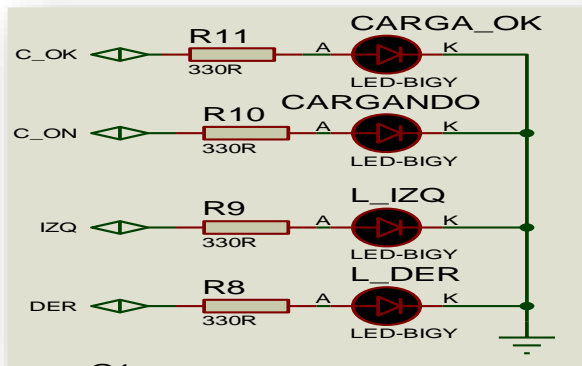
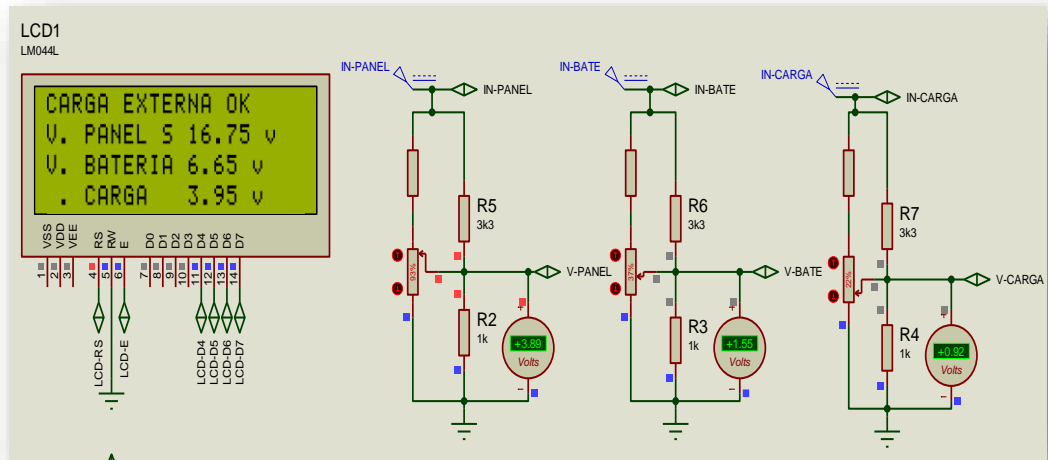


Figura31. Simbología de acciones de carga de baterías y sentido de giro de motor por medio de leds.

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

Leds, que permiten observar el estado en que se encuentran las baterías con respecto al nivel de la carga de energía con que cuentan.

La dirección en el gira el rotor del motor luego de que los sensores de luz hallan hecho su comparación.



**Figura32. Visualización de valores de voltajes por medio de pantalla LCD.**

*Recuperado de: Realizado por el autor del proyecto*

Visualización en la pantalla LCD, que permite observar los valores del nivel de voltaje en que se encuentran las baterías y asimismo el voltaje que está proporcionando el panel.

### ➤ JUSTIFICACION DE CAMBIOS DE ALGUNOS DISPOSITIVOS ELECTRONICOS EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

**Los sensores de luminosidad lineales.** Para la detección de la luz solar, en un principio se había pensado en utilizar fotorresistencias que nos permitieran tomar lecturas y hacer el respectivo control, pero al ser los valores tan variables y exponenciales, se optó por los sensores GA1A2S100SS, ya que tienen ventajas tales como mayor precisión en los datos proporcionados, su salida es lineal, tienen un rango de detección más amplio. Es decir, es un sensor de luz ambiente, el cual por tener su salida lineal permite tener la muestra de datos más próximos a la realidad y no ser inestables; también se puede ver su uso en interiores o exteriores de las casas; posee una alimentación: 2.7 VDC~3.6VDC.

Aplicaciones textuales:

- Circuitos de atenuación automática
- Automatización de equipos de oficina
- Paneles táctiles
- Equipos audiovisuales
- Equipos para el hogar

**Las baterías.** Para el almacenamiento de la energía eléctrica, se pensó en hacer uso de las baterías de litio a 5 amperios/hora de aproximadamente 1.800 gramos de peso comúnmente usadas en dispositivos eléctricos de alto consumo, pero más que por motivo de funcionamiento, se facilita el cambio por las batería KINGMAX 1.000 miliamperios/hora, ya que por su tamaño de 70mm de largo, 34 mm de ancho y 14 mm de grosor y peso relativo de 60 gramos; facilita traslado de la estructura, sabiendo que estos son dispositivos portables.

**El motor DC.** Al inicio de proyecto se habló de la disposición de un motor paso a paso, teniendo como idea la exactitud en su movimiento. EL motor con el que se contaba no compensaba el peso de la estructura a mover y no se optó en comprar uno con mayores capacidades, por motivo económico y que asimismo seria su consumo en corriente, calculando que afectaría el funcionamiento de los demás componentes del circuito diseñado y construido. Por otra parte, el motor DC 12 voltios, genera un mínimo consumo de corriente y su precisión es controlada por medio de la programación en el microcontrolador.

### 8.3 ANALISIS Y OBSERVACIONES

Los sensores de luminosidad usados generan una corriente dependiendo de la intensidad de luz detectada. Los sensores tienen unas resistencias conectadas, las cuales permaneciendo corriente sobre ellas, generan un voltaje monitoreado por el Microcontrolador.

La comparación de valores con que disponen los sensores, es de acuerdo a la posición en que se encuentren, siendo: dos sensores que detectan 0 grados y 180 grados; dos que detectan ángulos que 45 grados y uno que detecta la ortogonalidad del sol en ángulo de 90 grados.

Los sensores promedian sus valores de acuerdo a la siguiente configuración: S5 y S4 son la variable izquierda, S1 y S2 son la variable derecha y S3 es la variable central. Primero se compara entre izquierda y derecha, posicionándosela estructura hacia donde sean mayores los valores y luego entre éste punto seleccionado y centro, sucediendo de igual forma y teniendo en cuenta la el voltaje superior detectado.

La LCD utilizada no tiene ánodo y cátodo para la luz de fondo, lo cual fue necesario utilizar un transistor en el que se conecta el ánodo, poniéndose de tal manera que cuando

haya algún suceso dentro del sistema, él prenda la luz y a la vez se apague cuando no se esté utilizando para ahorrar energía.

Se utilizaron relays que permite administrar la dirección de la energía proporcionada por el panel, decidiendo el primero si alimenta las baterías o se queda en estado reposo; y el siguiente decide si alimenta la batería interna del circuito o la carga del circuito.

La batería interna del circuito cuenta con un regulador de voltaje para alimentar todos los circuitos internos como el Microcontrolador, el motor, los transistores. Etc.

Se cuenta con un potenciómetro digital que permite establecer el nivel de voltaje considerado como alto o bajo, ya que dependiendo de la intensidad de luz, los valores son muy variantes.

Para el circuito de lecturas de voltajes es necesario hacer un divisor de voltajes, ya que los valores que se suministran al Microcontrolador no deben ser mayores a 5.5 voltios, siendo los valores que el conversor análogo-digital acepta.

En el código, cuando los valores se ponen en “float” significa que se pueden mostrar en decimales, teniendo un rango bastante amplio con respecto a los enteros que tienen un rango solo hasta 255 bytes.

Las lecturas tomadas y llevadas al código son necesarias dividir las en cuatro valores, es decir, cuando se trabaja con sensores análogos, una diferencia muy minúscula puede hacer que los valores varíen. Se hacen estos ajustes de división para restarle tanta sensibilidad al conversor análogo y obtener valores menos complejos.

El Microcontrolador siempre va a dar prioridad a la batería interna del sistema porque si el voltaje de ella disminuye, el sistema no funcionaria.

La siguiente es la tabla que muestra los costos que se invirtieron en el desarrollo del proyecto:

**Tabla 3. Costos de materiales de proyecto.**

<b>COSTOS DE MATERIALES UTILIZADOS EN EL PROYECTO</b>	
<b>MATERIALES</b>	<b>COSTO</b>
<b>Panel Fotovoltaico Golden Sum</b>	\$ 50.000.00
<b>Batería 7 voltios</b>	\$ 30.000.00
<b>Estructura Metálica y piñonaría</b>	\$ 40.000.00
<b>Regulador - elevador de tensión</b>	\$ 55.000.00
<b>Tarjetas impresas de circuitos</b>	\$ 40.000.00
<b>Driver L293D</b>	\$ 5.000.00
<b>Motor DC</b>	\$ 20.000.00
<b>Microcontrolador</b>	\$ 12.000.00
<b>Modulo LCD</b>	\$ 12.000.00
<b>Resistencias</b>	\$ 200.00
<b>Sensores de luminosidad</b>	\$ 4.000.00
<b>Otros</b>	\$ 10.000.00
<b>TOTAL</b>	\$ 278.400.00

## 8.4 RESULTADOS

- Al implementar el dispositivo y diseñarlo físicamente, hubo la necesidad de contar con más dispositivos electrónicos que complementarían el sistema.
- La madera, pensada en un principio como materia perteneciente a la estructura, fue cambiada por el metal, ya que presenta consistencia y resistencia respecto a cambios de temperatura.
- Cada circuito electrónico tanto del control del motor como el de visualización de tensiones, cumple su función específica, por tal motivo fue necesario implementar su sistema de control individualmente.
- Se había pronosticado un valor económico aproximado de \$ 180.000.00 , pero la inversión necesaria para el desarrollo del proyecto fue de \$ 250.000.00 aproximadamente.
- El consumo energético del motor y los demás componentes electrónicos pertenecientes a los circuitos fue de un 10%, respecto a su carga total.
- En la tercera sesión de adelantos del proyecto solicitados por el docente a cargo, se presentó el trabajo físico, cuyo funcionamiento se basaba en una compuerta lógica, luego fue cambiado por el modo programado.
- Cuando hubo la necesidad de implementar un sistema de regulación de carga, se establecieron diversos circuitos electrónicos, pero la adquisición de los materiales no fue fácil, por lo que tomo la decisión de adecuar la tarjeta reguladora de tensión.
- Al momento de elegir el motor adecuado, no se hallaba uno que ajustara al peso de la estructura y del panel, por lo que el motor utilizado es de 12 voltios.

## CONCLUSIONES

Ventajas sobre la propuesta del proyecto.

El aprovechamiento de la energía solar, es una de las soluciones como fuente energética para un futuro no muy lejano, de acuerdo con las diferentes apreciaciones que se han planteado en el desarrollo del presente proyecto; hoy en día, se puede observar que el sol es uno de los recursos energéticos más limpios y peor aprovechados.

Uno de los aspectos más importantes con los que se pensó inicialmente el diseño del prototipo, era la capacidad de almacenamiento de energía, ésta característica generada a través de un panel solar, es almacenada en una batería para una posterior utilización. Por tanto, los paneles solares tendrán uso primordialmente para recargar la batería durante el día y ser utilizada en las noches.

Síntesis de la metodología empleada.

Durante el desarrollo y proceso del trabajo, se presentaron algunos inconvenientes así como complementos que se tuvieron que anexar a medida que su funcionamiento así lo solicitara, tales como materiales, integrados y circuitos, aumentando a su vez su inversión económica.

El modo de operación del panel solar no es constante, ya que se relaciona a la cantidad de luminosidad que el modulo esté recibiendo en el momento, por ello al elegir la sección de potencia hubo variedad de modos para realizarlo, pero no fue posible su implementación proporcionada por las fuentes de la web, debido a la obtención de los integrados que los conformaban, por lo anterior al tener información de la tarjeta reguladora y elevadora de tensión, se optó por el acceso a ella, obteniendo así un óptimo funcionamiento, fácil conexión y permanente entrega de tensión en el proceso de carga de la batería.

En las fechas de entrega de los adelantos constructivos del proyecto, se presentó un sistema análogo, el cual funcionaba con dos fotorresistencias detectoras de luz solar y una compuerta lógica, pero con base en los conocimientos de programación, se optó por mejorar el prototipo con éste método, proporcionando así un mejor funcionamiento que permitió un control de posicionamiento mejor diseñado.

## BIBLIOGRAFIA

- Cargador Solar para Baterías 12Volt - 50Amper. (n.f.). Recuperada Agosto 22 de 2013, de <http://www.bandasaltas.com.ar/Cargador%20Panel%20Solar.html>.

- Paneles solares, colector solar y paneles solares fotovoltaicos. (n.f.). Recuperada Agosto 22 de 2013, de <http://www.portalsolar.com/energia-solar-paneles-solares.html>.
- ¿Cómo Funcionan los Paneles Solares? (2012). Recuperada Agosto 25 de 2013, de <http://www.taringa.net/posts/ciencia-educacion/6593306/Como-Funcionan-los-Paneles-Solares.html>.
- Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada. (2008). Recuperada Agosto 28 de 2013, de <http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb0831t.pdf>.
- Energía Eléctrica. (n.f.). Recuperada Agosto 30 de 2013, de [http://html.rincondelvago.com/energia-electrica\\_7.html](http://html.rincondelvago.com/energia-electrica_7.html).
- Así evolucionan los paneles solares. (2009). Recuperada Septiembre 4 de 2013, de <http://carlosvallejo.wordpress.com/2009/10/20/asi-evolucionan-los-paneles-solares/#comments>.
- Regulador - elevador de tensión xl6009 dc-dc reemplaza lm2577 –España (2013). Recuperada Octubre 24 de 2013, de <http://www.ebay.es/itm/REGULADOR-ELEVADOR-DE-VOLTAJE-XL6009-DC-DC-Step-up-boost-Power-ESPANA-/231079973871>.
- Convertidores de CC a CC. (n.f.). Recuperada Octubre 30 de 2013, de [https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.frsf.utm.edu.ar%2Fmatero%2Fvisitante%2Fbajar\\_apunte.php%3Fid\\_catedra%3D192%26id\\_apunte%3D2950&ei=1GeCUgYDtK5kQfys4GAAG&usg=AFQjCNGH7ZLI0aGnZ5VeTkraNW1H6-BK\\_A](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0CDAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.frsf.utm.edu.ar%2Fmatero%2Fvisitante%2Fbajar_apunte.php%3Fid_catedra%3D192%26id_apunte%3D2950&ei=1GeCUgYDtK5kQfys4GAAG&usg=AFQjCNGH7ZLI0aGnZ5VeTkraNW1H6-BK_A).
- Ediciones boletín mensual minero energético. (2009). Recuperada Octubre 24 de 2013, de [http://www1.upme.gov.co/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=109](http://www1.upme.gov.co/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=109).
- Formulación de un plan de desarrollo para las fuentes no convencionales de energía en Colombia (PDFNCE). (2010). Recuperada Octubre 18 de 2013, de [http://www.upme.gov.co/Sigic/Informes/Informe\\_Avance\\_01.pdf](http://www.upme.gov.co/Sigic/Informes/Informe_Avance_01.pdf).



- Análisis Sobre la Correlación Estadística Entre Radiación Solar Global y Temperatura Ambiente en Bogotá. (2010). Recuperada Octubre 18 de 2013, de [http://www.revcolfis.org/publicaciones/vol40\\_2/4002359.pdf](http://www.revcolfis.org/publicaciones/vol40_2/4002359.pdf).
  
- Energías renovables: Marco jurídico en Colombia. (2009). Recuperada Octubre 19 de 2013, de <http://www.revistaperspectiva.com/archivos/revista/No%2021/069-071%20PERS%20OK>.
  
- Normatividad sobre Energía Solar Térmica y Fotovoltaica. (2012). Recuperada Noviembre 13 de 2013, de [http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad\\_sobre\\_energia\\_solar\\_termica\\_y\\_fotovoltaica.pdf](http://www.cidet.org.co/sites/default/files/documentos/uiet/normatividad_sobre_energia_solar_termica_y_fotovoltaica.pdf)

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1.**

Código fuente del sistema usado para el control de posicionamiento del cargador de energía eléctrica por medio de energía solar.

**ANEXO 2.**

Ficha técnica. Datos relevantes de Microcontrolador PIC 16F877A.

**ANEXO 3.**

Ficha técnica. Datos relevantes de sensor de luminosidad lineal GA1A2S100SS.

**ANEXO 4.**

Ficha técnica. Datos relevantes de sensor efecto Hall A3212.

**ANEXO 5.**

Ficha técnica. Datos relevantes de pantalla LCD LMB204BFC-1.

**ANEXO 6.**

Ficha técnica. Datos relevantes de potenciómetro digital MCP4141

**ANEXO 7.**

Ficha técnica. Datos relevantes de driver L293D.

**ANEXO 1.**

Código fuente del sistema usado para el control de posicionamiento del cargador de energía eléctrica por medio de energía solar.

```

#define(__PCM__)
#include <16f877a.h>
#FUSES HS // Crystal osc
20mhz for PCM/PCH
#FUSES NOWDT // No Watch
Dog Timer
#FUSES NOPUT // No Power
Up Timer
#FUSES NOPROTECT // Code not
protected from reading
#FUSES NODEBUG // No Debug
mode for ICD
#FUSES NOBROWNOUT // No
brownout reset
#FUSES NOLVP // No low
voltage prgming, B3(PIC16) or
B5(PIC18) used for I/O
#FUSES NOCPD // No EE
protection
#FUSES NOWRT // Program
memory not write protected

#use delay(clock=20000000)

#define CS PIN_D7
#define SCLK PIN_D6
#define SI PIN_D5
#define SBAT PIN_D1
#define HBAT PIN_C4
#include <mcp41010.C>

#define LCD_DB4 PIN_B2
#define LCD_DB5 PIN_B3
#define LCD_DB6 PIN_B4
#define LCD_DB7 PIN_B5
#define LCD_RS PIN_B0
#define LCD_E PIN_B1
#define LCD_L PIN_B6
#include <flex_lcd420_ok.C>

#define IZQ PIN_C0
#define DER PIN_C2
#define MON PIN_C1

#define C_OK PIN_D0
#define C_ON PIN_C3
#define S_INI PIN_D2
#define S_FIN PIN_D3

int SEN1, SEN2, SEN3, SEN4, SEN5,
SEN12, SEN45, P_PANEL;
float VBATE, VPANEL, VCARGA;

void mensaje()
{
LCD_GOTOXY(1,1);
output_high(LCD_L);
PRINTF(LCD_PUTC, "\f UNIMINUTO
2014 ");

LCD_GOTOXY(1,2);
PRINTF(LCD_PUTC, " CARGADOR
SOLAR ");
output_low(LCD_L);
output_high(LCD_L);
delay_ms(500);
output_low(LCD_L);
delay_ms(400);
output_high(LCD_L);
delay_ms(500);
output_low(LCD_L);
output_high(LCD_L);
delay_ms(400);
output_low(LCD_L);
output_high(LCD_L);
delay_ms(500);
output_low(LCD_L);
}
VOID giro_izq()
{
if(!(input_state(S_FIN)))
return;
output_low(DER);
output_high(IZQ);
output_high(MON);
}

```

```

        SEN3=SEN3/2;
        SEN4=SEN4/2;
        SEN5=SEN5/2;

VOID giro_der()
{
if(!(input_state(S_INI)))
    return;
output_low(IZQ);
output_high(DER);
output_high(MON);

}
VOID giro_stop()
{
output_low(DER);
output_low(IZQ);
output_low(MON);

}

void lectura_sensores()
{
set_adc_channel(3);
delay_ms(50);
SEN1=Read_ADC();
delay_ms(50);
set_adc_channel(4);
delay_ms(50);
SEN2=Read_ADC();
delay_ms(50);
set_adc_channel(5);
delay_ms(50);
SEN3=Read_ADC();
delay_ms(50);
set_adc_channel(6);
delay_ms(50);
SEN4=Read_ADC();
delay_ms(50);
set_adc_channel(7);
delay_ms(50);
SEN5=Read_ADC();
delay_ms(50);

SEN1=SEN1/2;
SEN2=SEN2/2;

        SEN12=(SEN1+SEN2)/2;
        SEN45=(SEN4+SEN5)/2;

}

void inicializacion()
{
giro_der();
output_low(LCD_L);
delay_ms(200);
output_high(LCD_L);
//delay_ms(300);
//output_low(LCD_L);

        LCD_GOTOXY(1,1);

PRINTF(LCD_PUTC,"\fINICIALIZAND
O PANEL ");
        LCD_GOTOXY(1,2);
        PRINTF(LCD_PUTC,"IZQUIERDO:
");
        LCD_GOTOXY(1,3);
        PRINTF(LCD_PUTC,"CENTRO      :
");
        LCD_GOTOXY(1,4);
        PRINTF(LCD_PUTC,"DERECHO      :
");
        delay_ms(2000);
//output_low(LCD_L);
while(input_state(S_INI))
{
    lectura_sensores();
    LCD_GOTOXY(12,2);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%03U      ",
SEN12);
    LCD_GOTOXY(12,3);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%03U      ",
SEN3);
    LCD_GOTOXY(12,4);

```



```

    PRINTF(LCD_PUTC,"CARGANDO
INTERNA ");
LCD_GOTOXY(12,2);
PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VPANEL);
LCD_GOTOXY(12,3);
PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VBATE);
LCD_GOTOXY(12,4);
PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VCARGA);

    goto ctrlpanel;
}

if((VBATE>7.2)&&(VCARGA>3.6))
{
    output_low(HBAT);
    output_low(C_ON);
    output_HIGH(C_OK);
    LCD_GOTOXY(1,1);
    PRINTF(LCD_PUTC,"EN REPOSO...
");
    LCD_GOTOXY(12,2);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VPANEL);
    LCD_GOTOXY(12,3);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VBATE);
    LCD_GOTOXY(12,4);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VCARGA);
    goto ctrlpanel;
}

if(VPANEL<6)
{
    output_low(HBAT);
    output_low(C_ON);
    output_low(C_OK);
    LCD_GOTOXY(1,1);
    PRINTF(LCD_PUTC,"EN REPOSO...
");
    LCD_GOTOXY(12,2);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VPANEL);
    LCD_GOTOXY(12,3);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VBATE);
    LCD_GOTOXY(12,4);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VCARGA);
    goto ctrlpanel;
}

if(VCARGA>3.6)
{
    output_HIGH(HBAT);
    output_low(SBAT);
    output_LOW(C_ON);
    output_HIGH(C_OK);
    LCD_GOTOXY(1,1);
    PRINTF(LCD_PUTC,"CARGA
EXTERNA OK ");
    LCD_GOTOXY(12,2);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VPANEL);
    LCD_GOTOXY(12,3);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VBATE);
    LCD_GOTOXY(12,4);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VCARGA);
}
else
{
    output_HIGH(HBAT);
    output_HIGH(SBAT);
    output_HIGH(C_ON);
    output_LOW(C_OK);
    LCD_GOTOXY(1,1);
    PRINTF(LCD_PUTC,"CARGANDO
EXTERNA ");
    LCD_GOTOXY(12,2);
    PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ",
VPANEL);
    LCD_GOTOXY(12,3);
}
}

```

```

PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ", P_PANEL--;
VBATE); if(P_PANEL<5)
LCD_GOTOXY(12,4); P_PANEL=5;
PRINTF(LCD_PUTC,"%2.2F v ", set_pot(P_PANEL);
VCARGA); }
}
}

```

ctrlpanel:

```

if(VPANEL<12)
{
P_PANEL++;
if(P_PANEL>250)
P_PANEL=250;
set_pot(P_PANEL);
}
if(VPANEL>15)
{

```

## ANEXO 2.

Ficha técnica. Datos relevantes de Microcontrolador PIC 16F877A.

### **ANEXO 3.**

Ficha técnica. Datos relevantes de sensor de luminosidad lineal GA1A2S100SS.



## **ANEXO 4.**

Ficha técnica. Datos relevantes de sensor efecto Hall A3212.

## **ANEXO 5.**

Ficha técnica. Datos relevantes de pantalla LCD LMB204BFC-1.

## **ANEXO 6.**

Ficha técnica. Datos relevantes de potenciómetro digital MCP4141

## **ANEXO 7.**

Ficha técnica. Datos relevantes de driver L293D.