

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

# **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DISPOSITIVO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DE LA RADIACIÓN SOLAR.**

**Hoiver Valencia Rubio.**

**Sebastián Tovar González.**

**Wilton Ramírez Ospina.**

**Tecnología en electromecánica**

**Director(es) del trabajo de grado**

**M.Sc Manuel Alejandro Ospina Alarcón.**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Medellín**

**Mayo de 2014**

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## RESUMEN

---

Este proyecto se realizó para transformar y aprovechar la energía solar mediante celdas fotovoltaicas. Observando la cantidad de energía desperdiciada a diario por el ser humano, la contaminación emitida al ambiente y pensando en las personas que viven retirados de las redes de electricidad se ha decidido construir un sistema de paneles solares haciendo uso de la energía proveniente del sol en forma de luz con módulos fotovoltaicos, convirtiendo la energía solar absorbida por los paneles solares a corriente directa (DC) almacenada en un banco de baterías transformándola a corriente alterna (AC) mediante dispositivos electrónicos, aptas para uso empresarial y doméstico.

Los costos elevados que se pagan por el KW/h a las empresas prestadoras de servicio eléctrico se reducen notablemente con el aprovechamiento de la energía renovable por medio de módulos fotovoltaicos, ya que podemos crear nuestra propia energía.

*Palabras Claves:* Paneles solares, Inversor de voltaje, emisiones de CO<sub>2</sub>, ahorro energético, energía alternativas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## RECONOCIMIENTOS

---

A Carlos Mario Ortega, por su entrega y gran colaboración en este proyecto.

A nuestro director de trabajo M.Sc Manuel Alejandro Ospina Alarcón, por guiarnos para el buen desarrollo del proyecto.

A nuestro profesor John Alexander Isaza, por sus enseñanzas sobre el tema.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## ACRÓNIMOS

---

<i>AC</i>	Corriente alterna.
<i>Ah</i>	Amperios hora.
<i>CO<sub>2</sub></i>	Dióxido de carbono.
<i>DC</i>	Corriente directa.
<i>EPM</i>	Empresas Públicas de Medellín.
<i>GW</i>	Giga vatios.
<i>HSP</i>	Hora Solar Pico.
<i>ITM</i>	Instituto tecnológico metropolitano.
<i>KW</i>	Kilo vatios.
<i>MWh</i>	Mega vatios hora.
<i>TWh</i>	Tera vatios hora.
<i>UPS</i>	Sistema de Alimentación Ininterrumpido.
<i>V</i>	Voltios.
<i>W</i>	vatios.
<i>Wh</i>	vatios hora.
<i>Wh/día</i>	Vatios hora/ día.
<i>Wp</i>	vatios pico.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## TABLA DE CONTENIDO

---

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Generalidades	6
1.2 Objetivos	6
1.3 Organización del trabajo	7
2. MARCO TEÓRICO	8
3. METODOLOGÍA	16
3.1 SELECCIÓN DE UN PANEL FOTOVOLTAICO	17
3.2 SELECCIÓN DE LA BATERÍA	18
3.3 REGULADOR DE VOLTAJE	20
3.4 INVERSOR	21
3.5 Funcionamiento del montaje	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	26
5.1 Conclusiones	26
5.2 Recomendaciones	27
5.3 Trabajo futuro	27
REFERENCIAS	28

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. Generalidades.

Este proyecto trata sobre el diseño y construcción de un sistema fotovoltaico que consiste en el uso de paneles solares que absorben la energía proveniente de los rayos solares, dichos paneles son capaces de producir un voltaje en corriente directa (DC) la cual es transformada en corriente alterna (AC) por medio de un inversor de voltaje. Esta corriente AC será aprovechada para alimentar una carga ya sea una vivienda o un proceso industrial.

Esta idea surgió principalmente como una solución práctica a la necesidad de la ciencia de buscar sistemas de generación de energía amigable con el medio ambiente y así rebajar las emisiones de gases contaminantes como el CO<sub>2</sub> a la atmosfera. También para utilizarla como medio de producción de fluido eléctrico para alimentar casa en zonas rurales donde sea muy complicada la conexión al fluido eléctrico de una empresa prestadora de servicio electrico.

## 1.2. Objetivos.

### General.

- Diseñar y construir un dispositivo para la generación de energía a partir de la radiación solar.

### Específicos.

- Identificar los diferentes métodos y dispositivos para generar energía a partir de la energía solar.
- Diseñar un dispositivo electrónico para generar energía alterna a partir la radicación solar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- Construir el dispositivo electrónico para generar energía alterna.

### 1.3. Organización del trabajo.

Este proyecto se desarrolló básicamente en tres etapas. En la primera parte se describe en el marco teórico la información recopilada sobre las energías no renovables y los distintos tipos de generación de energía renovable que existen enfocándonos en la energía solar, posteriormente se presenta la metodología utilizada para el desarrollo y la construcción del prototipo de celda fotovoltaica, finalizando con el análisis de los resultados encontrados y algunas conclusiones generadas a partir de los objetivos planteados. Además se dan algunas recomendaciones para trabajos futuros.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 2. MARCO TEÓRICO

---

La creciente demanda de energía, la contaminación del medio ambiente y la reducción de los recursos energéticos representan uno de los mayores desafíos de la humanidad. Por eso, cada idea sobre generación de energía renovable, barata y amigable con el medio ambiente es estudiada en detalle y más aún si se trata de la generación de una de las fuentes de energía más utilizada en el mundo, la energía eléctrica. Actualmente, la mayoría de energía eléctrica se produce por medio del uso de las “energías no renovables” tales como el carbón, el petróleo y la energía nuclear, pero estas energías no renovables tienen grandes desventajas, por ejemplo:

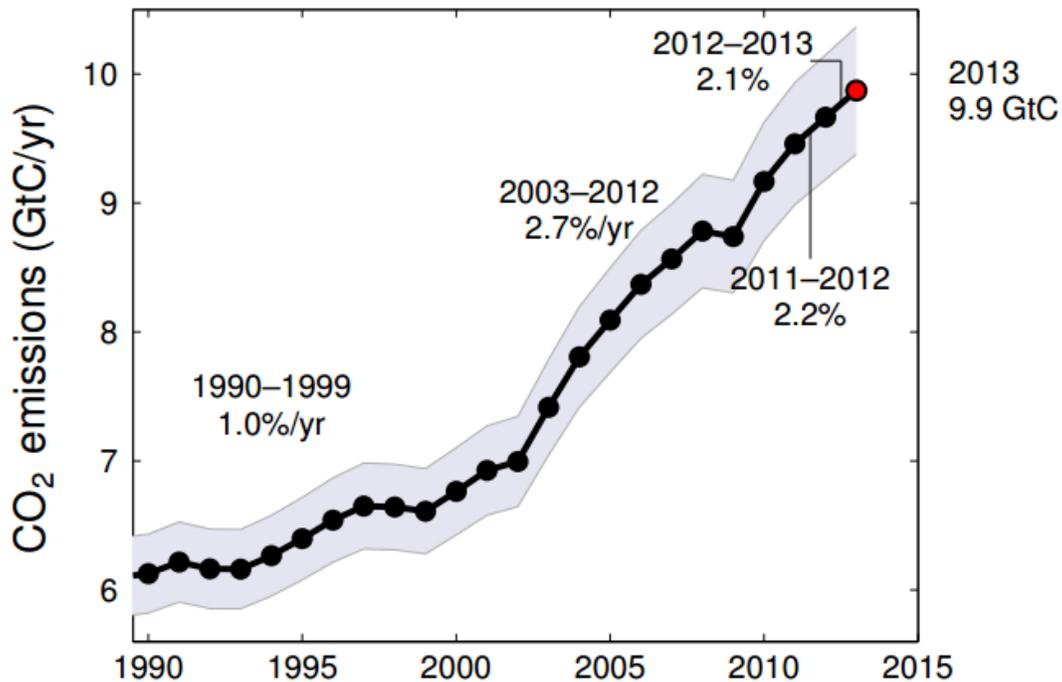
- Se agotan a mediano plazo.
- El uso de estas energías provocan contaminaciones tales como radiación al medio ambiente provocando mal formaciones genéticas e incluso la muerte a seres humanos, a la fauna y flora del planeta, además las emisiones de gases provocadas por la combustión del petróleo y el carbón hacia la atmósfera ocasionan un efecto llamado “efecto invernadero” este consiste en el calentamiento que se produce cuando ciertos gases de la atmósfera de la Tierra retienen el calor. Estos gases dejan pasar la luz pero mantienen el calor como las paredes de cristal de un invernadero (National geographic, 2011).

Como se puede observar en la Figura 1, según en el estudio realizado por The Global Carbon Project (C. Le Quéré, G. Peters, R. Andres, R. Andrew, T. Boden, P. Ciais, P. Friedlingstein, 2013), una organización que busca cuantificar las emisiones de carbono a nivel mundial y sus causas, las emisiones desde 1990 hasta 1999 (año de referencia del protocolo de Kioto sobre el cambio climático) eran relativamente pocas (1% cada año), pero desde el año 2000 hasta el año 2010 el incremento de las emisiones ha sido

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

demasiado grande (3.1% cada año), en el año 2012 las emisiones de CO<sub>2</sub> aumentaron un 2.2% y en el año 2013 un 2.1%, esto significa que desde 1990 hasta el 2013 las emisiones se han aumentado en un 61%. Porcentaje que es demasiado elevado para los procesos naturales de reconversión de CO<sub>2</sub>.

**Figura 1. Grafica sobre crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> desde 1999 hasta el 2013**



(C. Le Quéré, G. Peters, R. Andres, R. Andrew, T. Boden, P. Ciais, P. Friedlingstein, 2013)

El protocolo de Kioto busca que la producción de CO<sub>2</sub> a nivel mundial baje en un 5% por lo que la generación de energía por medio de recursos naturales (energías alternativas) es una opción para lograr esta meta.

Ante los problemas que ocasionan el uso de los recursos no renovables, la ciencia ha fijado su interés en el uso de fuentes naturales para la obtención de energía amigable con el medio ambiente surgiendo las energías renovables.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Las energías renovables son un tipo de energía obtenida a través de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la gran cantidad de energía que contienen o porque son capaces de regenerarse por medios naturales de forma continua (Rodríguez, 2014) . Las 4 fuentes de energía renovable más utilizadas en el mundo hasta el momento son las siguientes:

- **Energía eólica:** La energía eólica ha conseguido posicionarse como una gran fuente de energía renovable, contando con una capacidad instalada mundial que superó los 283 GW en 2013. La tasa de crecimiento anual de la energía eólica acumulada ha alcanzado un promedio del 25% durante los últimos cinco años, propiciando que se haya convertido en la fuente de energía renovable de más rápido crecimiento en el mundo, una tendencia que los expertos apuntan que continuará en el futuro (Rodríguez, 2014).

Los vientos en Colombia están entre los mejores de Sudamérica. Regiones en donde se han investigado, como en el departamento de la Guajira, han sido clasificados vientos clase 7 (cerca de los 10 metros por segundo (m/s)) (ESMAP, 2007).

Colombia tiene un potencial estimado de energía eólica de 21GW solamente en el departamento de la Guajira (lo suficiente para satisfacer casi dos veces la demanda nacional de energía). Sin embargo, el país solamente ha instalado 19.5MW en energía eólica, explotando 0.4% de su potencial teórico (ESMAP, 2007).

- **Energía solar:** La capacidad mundial instalada de energía solar supera actualmente los 100 GW, lo que la convierte en una de las fuente de energía renovable más usadas del planeta, dominada principalmente por la tecnología fotovoltaica (Rodríguez, 2014).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Colombia tiene suficientes recursos de Energía solar por su ubicación en la zona ecuatorial, pero el país se encuentra en una región compleja (la cordillera de los andes) donde los climas cambian frecuentemente. La radiación media es de 4.5 kWh/m<sup>2</sup>, y el área con mejor recurso solar es la Península de la Guajira, con 6kWh/m<sup>2</sup> de radiación. De los 6 MW de energía solar instalados en Colombia (equivalente a aproximadamente 78,000 paneles solares), 57% está distribuido para aplicaciones rurales y 43 por ciento para torres de comunicación y señalizaciones de tránsito. Los sistemas solares pueden ser muy apropiados para aplicaciones en zonas rurales, donde la demanda de energía se encuentra en zonas alejadas haciendo costosa la interconexión a la red eléctrica nacional. En Colombia se podría generar en mayor escala en las zonas del Magdalena, La Guajira, San Andrés y Providencia (ESMAP, 2007).

- Bioenergía:** La capacidad de producción neta de electricidad del mundo de biomasa en la actualidad supera los 83 GW, mientras que la generación de bioenergía global aumentó de 313 TWh en 2010, a más de 350 TWh en 2013. La biomasa moderna, especialmente los biocombustibles y los gránulos de madera, se utilizan cada vez más para la calefacción y la generación de energía, junto con las fuentes tradicionales de biomasa, tales como los subproductos agrícolas (Rodríguez, 2014).

Colombia tiene un gran potencial en biomasa de residuos agrícolas (banano, cascarilla de arroz, pulpa de café, y desperdicios de animales) pero se están realizando estudios con el bagazo de caña, puesto que este produce 1,5 millones de toneladas anuales. También se está estudiando la cascarilla de arroz que produce 457000 toneladas al año. El potencial energético de la biomasa anual está estimado cerca de los 16 GWh, mucho menos que el 0.1% de la producción eléctrica actual. El potencial está distribuido como sigue:

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

- 11,828 MWh/año de residuos agrícolas.
- 2,649 MWh/año de bioetanol.
- 698 MWh/año de los residuos de las zonas forestales naturales.
- 658 MWh/año de biodiesel.
- 442 MWh/año de los residuos de bosques plantados.

La región de Urabá en el norte del departamento de Antioquia tiene aproximadamente 19,000 hectáreas de siembra de banano, produciendo más de un millón de toneladas anualmente. Se ha estimado también que 85,000 Toneladas por año podrían producir 190 millones m<sup>3</sup>/año de biogás generado por siembra de café, equivalente a los 995 MWh (ESMAP, 2007).

- **Energía geotérmica:** La capacidad instalada de producción de energía a partir de fuentes geotérmicas superó los 11,7 GW desde el 2013, posicionándose como una fuente renovable muy utilizada en el mundo. Según datos de 2012, la generación de electricidad por medio de la energía geotérmica global anual superó los 72 TWh (Rodríguez, 2014).

El IPSE ha identificado 3 fuentes potenciales de energía geotérmica.

- Azufral, en el Departamento de Nariño, donde se encuentra el Volcán de Azufral.
- Cerro Negro-Tuffiño, también en el Departamento de Nariño, cerca del volcán de Chiles.
- Paipa, localizada en la Cordillera Oriental del Departamento de Boyacá.

En Colombia, de momento, una de las razones para que este potencial no se haya explotado es la disponibilidad aún de fuentes convencionales de energía en estas zonas como el carbón (ESMAP, 2007).

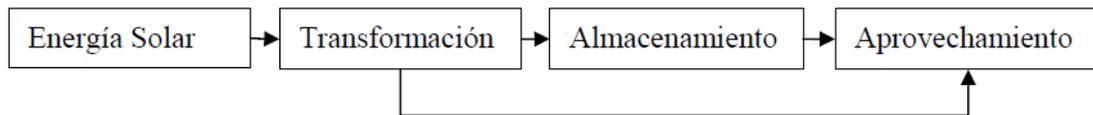
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Este proyecto está basado en la recolección de energía solar por medio de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica.

## 2.1 Sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico básico consta de la transformación de la energía solar en eléctrica, un sistema de almacenamiento para lograr un abastecimiento constante y finalmente el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica producida. En la Figura 2 podemos observar el diagrama de bloques correspondiente a un sistema fotovoltaico (Beltrán, 2007).

**Figura 2. Diagrama de bloques sistema fotovoltaico.**



(Beltrán, 2007)

## 2.2 Energía Solar Fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es la energía eléctrica producida por ciertos materiales al exponerlos a la luz solar, la cantidad de energía producida es proporcional al flujo luminoso que reciben. A la transformación de la energía luminosa directamente en energía eléctrica se le conoce como efecto fotovoltaico, fenómeno descubierto por el físico francés Edmund Becquerel en 1839, y sobre el cual está basada la tecnología fotovoltaica (Beltrán, 2007).

## 2.3 Efecto fotovoltaico.

El efecto fotovoltaico se da a nivel atómico al incidir un fotón en el enlace entre dos átomos y romperlo, para que se logre esta ruptura en el enlace con poca energía es

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

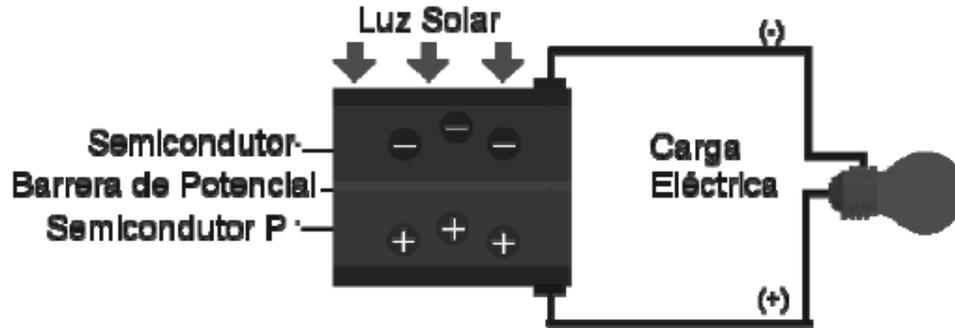
necesario que el átomo sea inestable, esto es, que tenga incompleta su banda de valencia y el número de electrones ahí contenidos sea diferente de ocho. Los materiales que presentan esta característica en sus átomos son los semiconductores. En un semiconductor puro la corriente producida por el movimiento de los electrones es insignificante debido al bajo valor de portadores libres, por lo que se le añaden impurezas al material para aumentar los portadores libres, el nuevo material obtenido es llamado semiconductor extrínseco (Wolfgang, 1992).

De acuerdo a la impureza introducida en el material semiconductor se obtienen materiales semiconductores tipo N con un mayor número de electrones libres y materiales tipo P con un mayor número de cargas positivas o huecos. Si se coloca un material tipo N junto a un material tipo P, la zona de contacto tiende a equilibrarse moviéndose los electrones libres del material tipo N a los huecos del material tipo P, por este movimiento de electrones el material tipo N se hace positivo y el material tipo P negativo existiendo una diferencia de potencial separada por la zona de juntura llamada barrera de potencial (Seeger, 2004).

La condición de equilibrio establecida en el material semiconductor por la juntura PN se mantiene estable hasta el momento en que el material N es expuesto a la luz, la energía de los fotones, que coincide con el valor de la barrera de potencial, es absorbida por el material y destruye el enlace de los electrones de valencia con el átomo, se provoca entonces un movimiento caótico de electrones dentro del material. Si es conectada una carga externa al material, los electrones fluyen del material y circulan por este circuito externo liberando así la energía absorbida de los fotones (Beltrán, 2007). En la Figura 3 se puede observar el diagrama básico de una celda fotovoltaica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Figura 3. Diagrama básico de una celda fotovoltaica



(Beltrán, 2007)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 3. METODOLOGÍA

---

Para el desarrollo del proyecto se empleó el siguiente procedimiento de trabajo:

- Mediante consultas en textos especializados y páginas de internet se observó los problemas que está padeciendo nuestro planeta gracias a las emisiones de gases contaminantes (CO<sub>2</sub>) hacia la atmosfera producto de la combustión del petróleo, carbón, energía nuclear y otros, los cuales, son los principales culpables del calentamiento global.
- Investigando en bases de datos suministradas por el ITM, páginas de internet, libros y artículos de revistas, se identificó los distintos métodos de generación de energía renovable, por ejemplo: Energía eólica, energía geotérmica, biomasa y energía solar.

Con la creciente emisión de CO<sub>2</sub> hacia la atmosfera y con el consumo de energías no renovables, las cuales se agotan a medio plazo, la humanidad está viendo en las energías renovables una oportunidad para generar energía eléctrica de una forma amigable para el medio ambiente y más barata a largo plazo. También se identificó el funcionamiento interno de una celda fotovoltaica y los fenómenos ocurridos en el funcionamiento de la misma.

- El proyecto consiste en generar energía eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico constituido por un panel solar con capacidad de producción de 75 Wp, una batería con capacidad de 12 Ah y 12 V, un inversor de voltaje de 12V a 120V, un regulador de voltaje y una bombilla de bajo consumo de 12 W, la cual actuara como la carga de nuestro prototipo. Nuestra meta es que este sistema sea capaz de mantener la bombilla encendida 24 horas. Estos son los pasos que se siguió para la selección de los componentes y su montaje.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 3.1 Selección del panel fotovoltaico:

**Figura 4: Panel solar 12 Ah - 12V - 75W dimensiones (largo x alto x ancho): 120 x 70 x 2.3 cm.**



El fabricante de los paneles solares normalmente indica la producción de energía eléctrica en Wh/día o en Wp o W.

En el caso de los Wh/día es más sencillo saber si el panel producirá suficiente energía para alimentar los diferentes electrodomésticos o iluminarias de una casa o algún sistema de una empresa, en nuestro caso, la bombilla de bajo consumo que actuara como la carga a alimentar.

Para conocer cuántos Wh/día necesitamos generar para que la bombilla de 12W se mantenga encendida las 24 h del día se utilizó el siguiente cálculo:

$$12W * 24 \text{ horas} = 288 \text{ Wh/día} \quad (1)$$

Así que necesitamos que el panel solar genere 288 Wh/día o más para que la bombilla funcione las 24 horas al día. Para saber si nuestro panel solar de 75Wp

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

lograría suministrar los Wh/día necesarios para que la bombilla se mantenga encendida se necesitó transformar esos Wp en Wh/día, por lo que se desarrolló la siguiente ecuación:

$$Wp * 5HSP = Wh/dia \quad (2)$$

Donde 5 HSP es una medida estándar que se utiliza para definir la radiación solar media que podría recibir el panel solar durante un día soleado. Reemplazando los Wp del panel en la ecuación:

$$75Wp * 5 HSP = 375 Wh/día \quad (3)$$

El panel solar proporcionaría una potencia de 375 W h/día, la cual supliría los 288W h/día que necesita la bombilla para su funcionamiento.

### 3.2 Selección de la batería:

**Figura 5: Batería marca power Sonic de 12 V – 12 Ah**



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Las baterías no miden su capacidad en Wh, sino en Ah, así que necesitamos calcular cuántos Wh puede generar nuestra batería de 12Ah - 12V y si es capaz de mantener nuestra bombilla encendida durante 24 horas. Antes de eso, es necesario conocer cuanta potencia (W) por hora gastara la carga de la batería, en nuestro caso, la carga (bombilla) necesita 12Wh para funcionar. Conociendo esto, para calcular cuántos Wh genera la batería se sigue la siguiente ecuación:

$$Ah * V = Wh \tag{4}$$

Reemplazando con los datos de nuestra batería:

$$12 \text{ Ah} * 12V = 144Wh \tag{5}$$

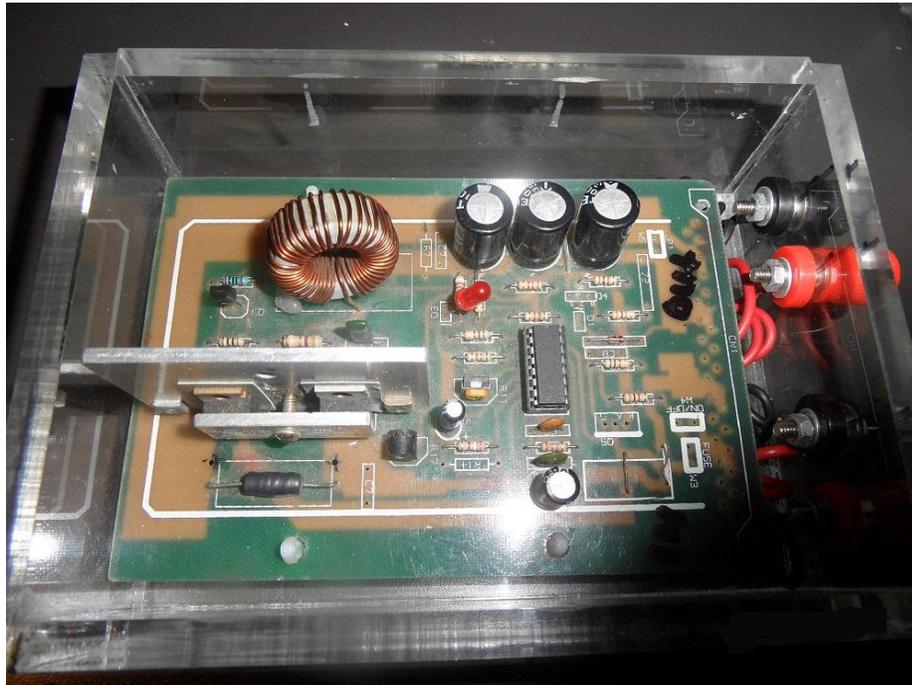
Nuestra batería generaría 144Wh, más que suficiente para alimentar la bombilla y mantenerla funcionando.

Para cargar la batería, el fabricante recomienda cargarla con el 10% de la corriente que entrega para alargar su vida útil; para controlar estos valores desde el panel hacia la batería usaremos un cargador que regulara estos valores en la entrada de la batería.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 3.3 Regulador de voltaje.

**Figura 6: Regulador de voltaje capaz de regular voltajes en corriente directa.**

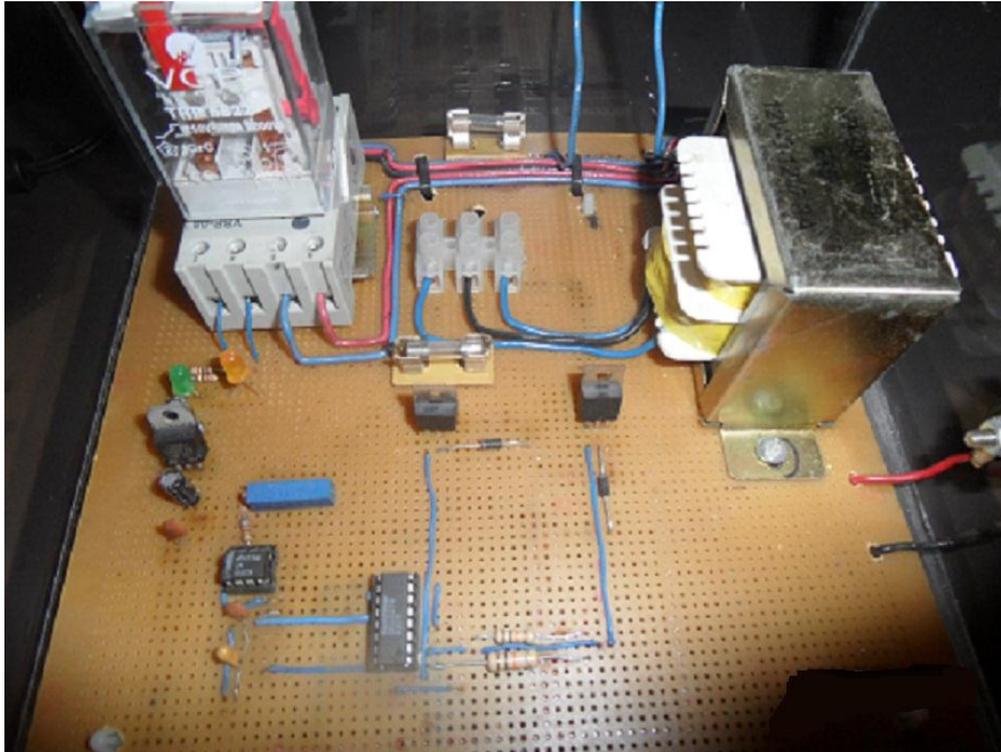


Un regulador de voltaje (ver Figura 6) es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de voltaje constante. En nuestro caso, es el encargado de estabilizar los voltajes DC provenientes del panel solar hacia la batería evitando sobrecargarla. Este regulador es variable, por lo que podemos variar el valor del voltaje y corriente según nuestra necesidad.

La batería genera un voltaje de 12 V DC, pero nuestra bombilla funciona con 120 V AC como la mayoría de aparatos electrónicos encontrados en una casa, así que necesitamos transformar esos 12 V DC a 120 V AC por medio de un inversor (ver Figura 7).

### 3.4 Inversor

**Figura 7: Inversor de voltaje capaz de transformar 12 V corriente DC en 120V en corriente AC.**

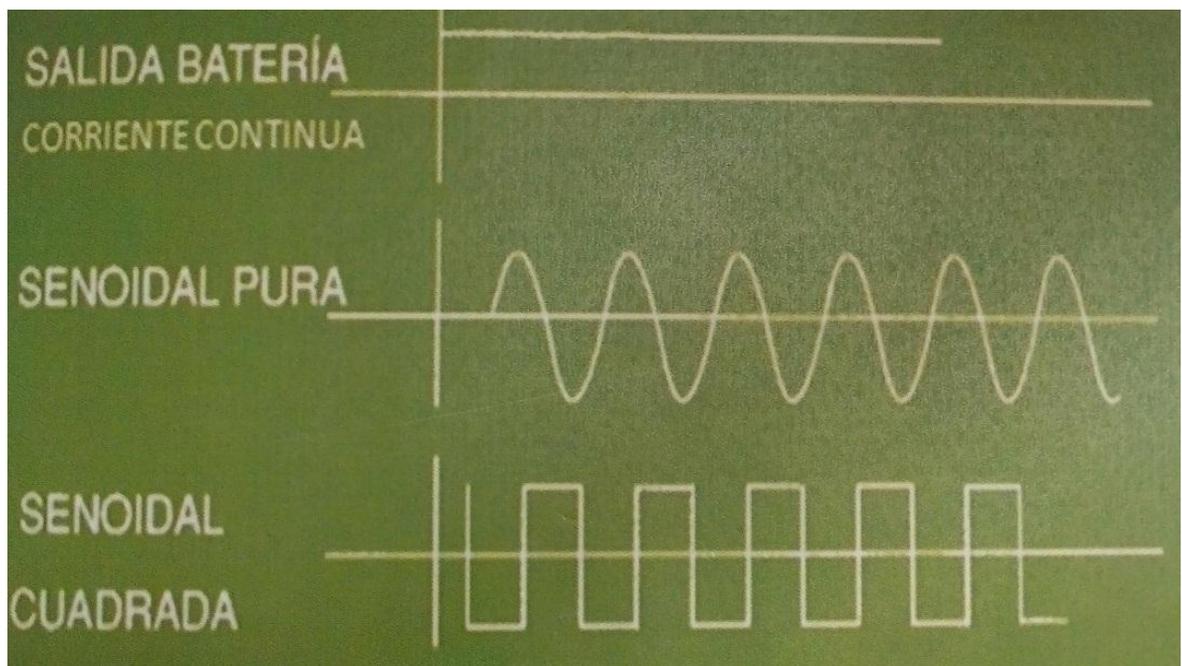


El inversor de voltaje es un sistema que convierte la tensión de corriente continua (en este caso los 12 voltios de una batería), en un voltaje simétrico de corriente alterna, que puede ser de 220V o 120V, dependiendo del país o del uso que se le piense dar a este circuito. La frecuencia del inversor se calibra de acuerdo a la frecuencia requerida por el aparato o electrodoméstico que vallamos a alimentar o de la frecuencia usada comúnmente en la zona o país. Una de las grandes aplicaciones de los inversores, es la de convertir la corriente continua generada por los paneles solares (que es almacenada en baterías), en corriente alterna, para luego ser utilizada en el servicio doméstico e industrial, reemplazando el servicio de la red (Inversor de voltaje DC/AC, 2011).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

Existen distintos tipos de inversores, pero en nuestro caso se usó un inversor tipo UPS que consta de un oscilador que controla unos transistores, los cuales conmutan la corriente proveniente de la batería, generando una onda cuadrada. Esta onda cuadrada alimenta un transformador que eleva el voltaje (en este caso 120 voltios), y suaviza la forma de la onda, para que parezca más una onda senoidal. La forma de onda de salida de un inversor ideal debería ser senoidal, pero esto no es tan sencillo, se requieren bastantes componentes electrónicos para tratar de lograr que una onda cuadrada simule satisfactoriamente a una onda senoidal. En la Figura 8 se muestra estos tipos de ondas.

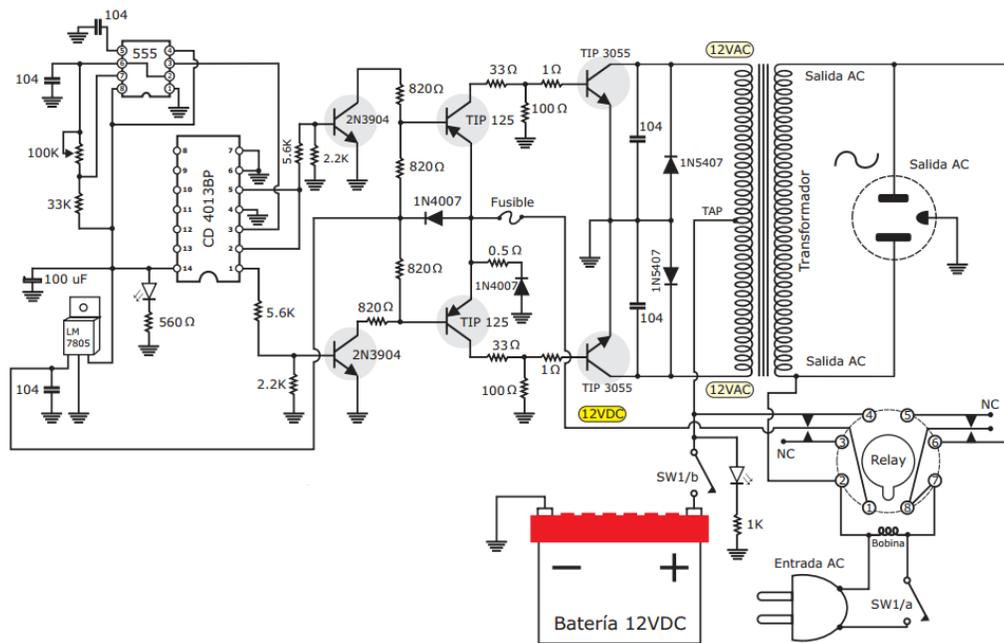
**Figura 8. Tipos de onda en un inversor**



(“Tipos de onda en un inversor,” 2010)

En la Figura 9 se muestra el plano que utilizamos para la elaboración del inversor UPS.

**Figura 9. Plano del inversor y regulador cargador**



(“Inversor de voltaje DC/AC,” 2011)

### 3.5 Funcionamiento del montaje.

El panel solar es ubicado al aire libre donde pueda recibir un flujo constante de rayos solares, el panel al recibir estos rayos comienza a generar voltaje, en nuestro caso 12 V. Este voltaje pasa por el regulador de voltaje y luego pasa a la batería la cual empieza a cargarse.

Dado el caso que se necesite el voltaje almacenado de la batería para alimentar la carga (bombilla o dispositivo eléctrico) es necesario que el voltaje de 12 V de la batería pase por el inversor, el cual transforma los 12 V DC a 120 V AC, los cuales podrán alimentar la carga (bombilla o dispositivo eléctrico).

La carga, en nuestro caso la bombilla de bajo consumo, es alimentada AC por un relé donde los contactos normalmente abiertos de este son alimentados por la línea de la red eléctrica proveniente de la batería ya transformada en corriente AC y los

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

contactos normalmente cerrados son alimentados por la línea de la red eléctrica de la empresa prestadora del servicio (EPM) a 120V AC; la bobina del relé es alimentada con el suministro eléctrico de la empresa prestadora de dicho servicio. Así, cuando suceda un corte en el flujo eléctrico proveniente de la empresa prestadora de servicio, la carga (bombilla) se mantiene energizada, ya que pasa a ser alimentada por la red eléctrica proveniente de la corriente DC almacenada en la batería por la celda solar transformada en corriente AC.

Para comprobar el funcionamiento del sistema, primero se ubica el panel solar para que reciba los rayos solares y comience a cargar la batería, luego se conecta la línea de la red eléctrica de EPM para alimentar la carga. Después de 30 min se desconecta la línea de la red eléctrica de EPM simulando un “apagón”, al hacer esto la bobina (que actúa como un observador de tensión) capta la ausencia del fluido eléctrico proveniente de EPM, se desenergiza, causando que los contactos normalmente abiertos se cierren permitiendo el paso de la red eléctrica proveniente del sistema fotovoltaico mientras los contactos normalmente cerrados se abren sacando la red eléctrica proveniente de EPM hasta que la bobina capta el suministro eléctrico y realiza la conmutación interna conectando de nuevo la red eléctrica proveniente de EPM.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

Al momento de la prueba del sistema fotovoltaico se logró cumplir el objetivo de generar energía eléctrica por medio del panel solar logrando mantener encendida la bombilla de bajo consumo sin necesidad de que estuviera conectada a la red eléctrica de EPM, pero se mantuvo encendida por un corto plazo de tiempo ya que el panel solo tuvo 30 minutos para almacenar energía en la batería además que las condiciones climáticas del día de prueba no favorecieron el correcto desarrollo de la aplicación.

Debido a que nuestro panel solar no cuenta con un sistema de seguimiento del sol como en el trabajo presentado por el ingeniero José Beltrán (Beltrán, 2007), no se pudo aprovechar por completo la energía proporcionada por los rayos solares, pero aun así, se logró almacenar la suficiente energía eléctrica para mantener la bombilla encendida durante casi 15 minutos.

Los componentes usados en este proyecto no proporcionan demasiados Wh como para alimentar procesos enteros, para poderlo implementar en procesos más avanzados se necesita aumentar el número de paneles solares y la capacidad de carga de la batería.

Se constató que las condiciones climáticas influyen mucho en la eficiencia del panel solar para generar energía. Con condiciones ideales (día completamente soleado), el panel puede generar 375 Wh/día; pero el día de la prueba solo se logró producir 176 Wh/día, ósea un 46.9% de los Wh/día máximos ya que el día estuvo parcialmente nublado.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

### 5.1 Conclusiones:

- Se llega a la conclusión de que es posible diseñar y montar un sistema fotovoltaico capaz de suministrar los suficientes Wh como para alimentar una carga de una manera fácil. Puede que la inversión inicial sea alta, pero a largo plazo, este tipo de sistemas son muy rentables.
- Se logra comprender los distintos tipos de dispositivos para generar energía eléctrica proveniente de la energía solar aparte de la energía fotovoltaica, como por ejemplo: el aprovechamiento de la energía calórica provocada por la radiación solar por medio de paneles solares térmicos.
- Se logra crear energía eléctrica a partir de una fuente renovable como lo es la radiación solar, logrando crear una opción rentable de generación de energía amigable con el medio ambiente para intentar disminuir el uso de los recursos no renovables, los cuales crean contaminante que dañan el medio ambiente.
- Se consiguió construir un dispositivo capaz de generar una energía alternativa diferente a las energías producidas por el uso de fuentes no renovables, aprovechando la fuente de energía renovable como lo es la luz solar. Se logra demostrar que un sistema como el fotovoltaico es capaz de alimentar una carga, ya sea una casa o un proceso industrial, sin emisiones de contaminantes hacia el medio ambiente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

### 5.2 Recomendaciones:

Se recomienda implementar este tipo de sistemas fotovoltaicos en procesos pequeños en la industria para rebajar un poco el consumo energético ya que la empresa estaría generando su propia energía, o como opción para energizar casas rurales donde sea complicada la conexión al fluido eléctrico de una empresa prestadora de servicio eléctrico.

### 5.3 Trabajo futuro:

Una buena opción para un trabajo futuro sería implementar este sistema fotovoltaico en un proceso más grande, como por ejemplo energizar una casa completa mediante el uso de paneles solares, aprovechando otros métodos de generación de energías renovables, tales como la energía térmica producida por la radiación solar para la calefacción, además de la adición de un sistema de posicionamiento respecto al sol optimizaría al máximo la absorción de la radiación solar logrando así que aumente la capacidad de carga del dispositivo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

## REFERENCIAS

---

Beltrán, J. (2007). Prototipo fotovoltaico con seguimiento del Sol para procesos electroquímicos.

C. Le Quéré, G. Peters, R. Andres, R. Andrew, T. Boden, P. Ciais, P. Friedlingstein, and others. (2013). Global Carbon Budget 2013, (November).

ESMAP. (2007). Review of Policy Framework for Increased Reliance on Renewable Energy in Colombia.

Seeger, K. (2004). Semiconductor Physics: An Introduction. In *Semiconductor Physics: An Introduction* (9ª Edición., Vol. 9ª Edición). Springer.

Wolfgang, K. B. (1992). Survey of Semiconductor Physics. *Springer*, 701–719.

Inversor de voltaje DC/AC. (2011). Retrieved May 06, 2014, from [http://construyasuvideorockola.com/proyecto\\_inversor\\_01.php](http://construyasuvideorockola.com/proyecto_inversor_01.php).

National geographic. (2011). ¿Que es el calentamiento global? Retrieved from <Http://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/calentamiento-global/calentamiento-global-definicion>.

Rodriguez, E. (2014). Las fuentes de energía renovables más utilizadas del mundo. Retrieved from <http://www.fierasdelaingenieria.com/las-fuentes-de-energia-renovables-mas-utilizadas-del-mundo>.

Tipos de onda en un inversor. (2010). Retrieved from <http://www.cleanergysolar.com/>.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	01
		Fecha	2013-09-16

FIRMA ESTUDIANTES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_