

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA RESIDENCIAL MEDIANTE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA**

Johan Alexander Quiceno Correa

Andrés Felipe Álvarez Herrera

Ingeniería Electromecánica

Director(es) del trabajo de grado

Santiago Gómez Arango

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Fecha 26 de Septiembre de 2017

RESUMEN

En este trabajo se presenta un diseño orientado a nuevas fuentes de energía renovables como lo es la energía solar, actualmente en Colombia se cuenta con este tipo de energía la cual es utilizada en áreas rurales. Se propone plantear un sistema eléctrico residencial para una vivienda en la ciudad de Medellín, el cual este en conjunto al tablero de distribución, alimentado la vivienda de nuevas fuentes de energía renovables como paneles solares fotovoltaicos. La propuesta pretende independizar un porcentaje en la carga energética residencial total, de la red convencional. Adicionalmente, cuando la carga de las baterías y la generación de los paneles solares no sean suficientes para abastecer la demanda, la energía eléctrica se tomará de la red eléctrica convencional, hasta que la batería se encuentre en óptimas condiciones de operación. De esta manera se protegerá un componente fundamental como es la batería.

Se propone diseñar un sistema de energía solar fotovoltaica calculando el panel solar, tipo de almacenamiento energético y la carga instalada en la residencia. Además, se plantea una instalación mediante una conmutación automática, que en conjunto a la red eléctrica convencional permita mantener un óptimo abastecimiento de energía en la vivienda.

Finalmente se presentan trabajos futuros que puedan mejorar y optimizar la arquitectura del diseño, de igual manera nuevas leyes que absuelven e incentiven la implementación de energías renovables que ayudaran a la creación de este tipo de diseño.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

De una forma muy emotiva todos los agradecimientos al profesor Santiago Gómez Arango por su gran capacitación para tratar temas de suma importancia en el desarrollo de este trabajo que fueron claves para ser contundentes con toma de decisiones para darle continuidad a este gran proceso, a las herramientas tecnológicas que fueron sumamente importantes para modelar el sistema de estandarización un gran reconocimiento, a nuestras familias por apoyarnos siempre sin lugar a duda con el proceso de investigación, y cada una de las personas que dieron esa colaboración no solo con conocimiento sino también a nivel emocional ya que como seres humanos es mucha motivación el cariño de los seres que nos rodean.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

AC: Corriente alterna.

DC: Corriente directa.

kWp: Vatio - pico.

kWh: Vatio – hora.

PET: Polietileno tereftalato, una resina plástica y una forma de poliéster.

PWM: Modulación por ancho de pulsos, fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica una senoidal o cuadrada.

MPPT: Seguidor de Punto de Máxima Potencia, este controlador siempre buscan el balance entre voltaje y corriente en el que los paneles solares operan a su máxima potencia.

MPP: Punto máximo de potencia.

PCC: Punto de acople común.

PET: Polietileno tereftalato, una resina plástica y una forma de poliéster.

L.V.D: Desconexión por bajo voltaje.

L.V.R: Reconexión de bajo voltaje.

IRRADIANCIA: Potencia o radiación incidente por unidad de superficie. Indica la intensidad de la radiación solar. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2).

1. INTRODUCCIÓN

Es un hecho que el calentamiento global está afectando de manera considerable el planeta. Por este motivo es importante utilizar nuevas fuentes de energía renovables, como es la energía solar fotovoltaica. Colombia es un país privilegiado respecto al sol debido a la exposición que se tiene por estar ubicado cerca de la línea del ecuador.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

Pag.

1. INTRODUCCIÓN	7
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.3.1 General.....	8
1.3.2 Específicos.....	8
1.4 Organización de la tesis.....	9
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Energía solar.....	10
2.2 Sistemas fotovoltaicos en Colombia y Latinoamérica.....	11
2.3 Beneficios en energías limpias.....	13
2.4 Avances significativos.....	14
2.5 Arquitectura de un sistema solar fotovoltaico para una vivienda.....	18
2.5.1 Panel generador.....	18
2.5.2 Controlador de carga.....	19
2.5.3 Baterías.....	19
2.5.4 Inversor.....	20
2.5.5 Protección.....	20
2.5.6 Cableado.....	20
2.5.7 Otras definiciones.....	21
3. METODOLOGÍA.....	22
3.1 Cálculo del consumo estimado.....	22
3.2 Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico.....	24
3.2.1 Cálculo de la potencia requerida por la vivienda.....	24
3.2.2 Selección del inversor.....	25
3.2.3 Selección del panel generador.....	26
3.2.4 Selección del Controlador de carga.....	27
3.2.5 Selección de la batería.....	28

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3 Tablero PC y elementos adicionales.....	29
3.3.1 Protección.....	29
3.3.2 Selección de conductor.....	30
3.3.3 Conductor puesta a tierra.	32
3.3.4 Tablero de distribución eléctrico.	33
3.3.5 Selección de tubería eléctrica.	33
3.3.6 Plano unifilar.....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 Condiciones de la instalación.	35
4.2 Paso 1 paneles generadores.	35
4.3 Paso 2 cableado y tubería EMT.	36
4.4 Paso 3 tablero PCC.	36
4.5 Paso 4 Batería.	36
4.6 Paso 5 conexión eléctrica.	37
4.7 Costo de inversión y el tiempo de retorno.....	40
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	41
5.1 Conclusiones.	41
5.2 Recomendación.	42
5.3 Trabajos futuros.	42
6. REFERENCAS.....	43
7. APÉNDICE.....	46

Dentro de las fuentes de energía renovables se tiene una amplia gama como son: geotérmica, biomasa, eólica y solar. Se destaca la energía solar fotovoltaica, ya que esta se caracteriza por la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica mediante

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

paneles solares. Colombia es un país privilegiado debido a que los niveles de radiación solar alcanzan valores superiores de 4.16 kWh/m^2 [3]. Este tipo de energía limpia da una solución efectiva a la contaminación ambiental, que es consecuencia de la generación de energía con combustibles fósiles, dando como resultado el CO₂ en aire.

Por tal motivo, se diseña la automatización del tablero de distribución principal mediante un sistema fotovoltaico de una vivienda en Medellín, con el fin de alimentar la iluminación y toma corrientes generales. Los sistemas fotovoltaicos están conformados por tres componentes básicos: un panel generador, un sistema de control y las baterías que deben ser calculados para cada proyecto en particular.

Teniendo los cálculos del consumo en la vivienda definidos, se diseña el sistema fotovoltaico donde se hará énfasis en las baterías. Las cuales, cuando se encuentren por debajo de un 70 % de almacenamiento se desconectará la carga del sistema cambiando la fuente de energía por la red eléctrica convencional, con el fin de que se extienda la vida útil de la batería y no se tengan interrupciones en el consumo.

Teniendo los cálculos del consumo en la vivienda definidos, se procede a diseñar el sistema fotovoltaico, haciendo énfasis en las baterías, las cuales cuando se encuentren por debajo de un 70 % de almacenamiento se desconectará la carga

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 General:

Diseñar un sistema de energía solar fotovoltaica que este en conjunto al tablero de distribución principal, encardo de alimentar la iluminación y tomas de una vivienda, con soporte de la red eléctrica convencional por medio de conmutación automatizada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1.3.2 Específicos:

- Evaluar los tipos de cargas eléctricas que se van a suplir y calcular la potencia a respaldar como son los tomas e iluminación en la instalación residencial.
- Dimensionar el sistema de generación fotovoltaica, incluyendo el almacenamiento.
- Diseñar un sistema conformado por una conmutación automática, encargado de alternar las fuentes de alimentación y alargar la vida útil de las baterías.
- Crear un paso a paso para la instalación del sistema fotovoltaico en la vivienda.
- Estimar el costo de inversión para una residencia típica en el valle de Aburrá.

1.4 Organización del trabajo.

En la sección 1, se tiene la introducción donde se presenta el trabajo como una solución de generación de energía eléctrica no convencional.

La sección 2, presenta los inicios de la energía solar fotovoltaica, los avances que han surgido con el paso de tiempo a nivel global, los trabajos desarrollados en Colombia y en países pioneros con energía solar, incluyendo la arquitectura de funcionamiento del sistema fotovoltaico en una vivienda.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la sección 3, se muestra la metodología implementada en el diseño del sistema de energía solar fotovoltaico donde se realiza el dimensionamiento del consumo estimado en la vivienda, es decir, los cálculos de potencia que debe de suplir el sistema, la selección de los elementos que componen el sistema fotovoltaico y el punto de acople a la red eléctrica de la vivienda.

En la sección 4, se aborda el diseño de la instalación del sistema en una vivienda ubicada en el suroccidente de Medellín. Donde se muestran los planos eléctricos elaborados para el desarrollo de la propuesta, los cálculos de costo de inversión y tiempo de retorno. Finalmente, en la sección 5 se muestran las conclusiones y el trabajo futuro.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Energía solar.

La energía solar –aquella energía radiante del sol que es recibida en la tierra- es transformada por la naturaleza en otras formas de energía, como biomasa o energía eólica. **Es considerada una fuente renovable en el suministro energético**, cuyo efecto fue reconocido por primera vez por el físico francés Alexander Edmon Becquerel y sus estudios sobre el espectro de la luz, la electricidad, la óptica y el magnetismo son los pilares principales de esta energía.

El fundamento de la energía solar fotovoltaica es el efecto fotoeléctrico, que consiste en la conversión de la luz en la electricidad. Este cambio se consigue con materiales que tienen la propiedad de absorber fotones y emitir electrones, de esta manera son capturados los electrones libres y convertidos en una corriente eléctrica que puede ser utilizada **en cargas eléctricas**. En la Figura 1, se puede apreciar una breve descripción del proceso de generación solar fotovoltaico.

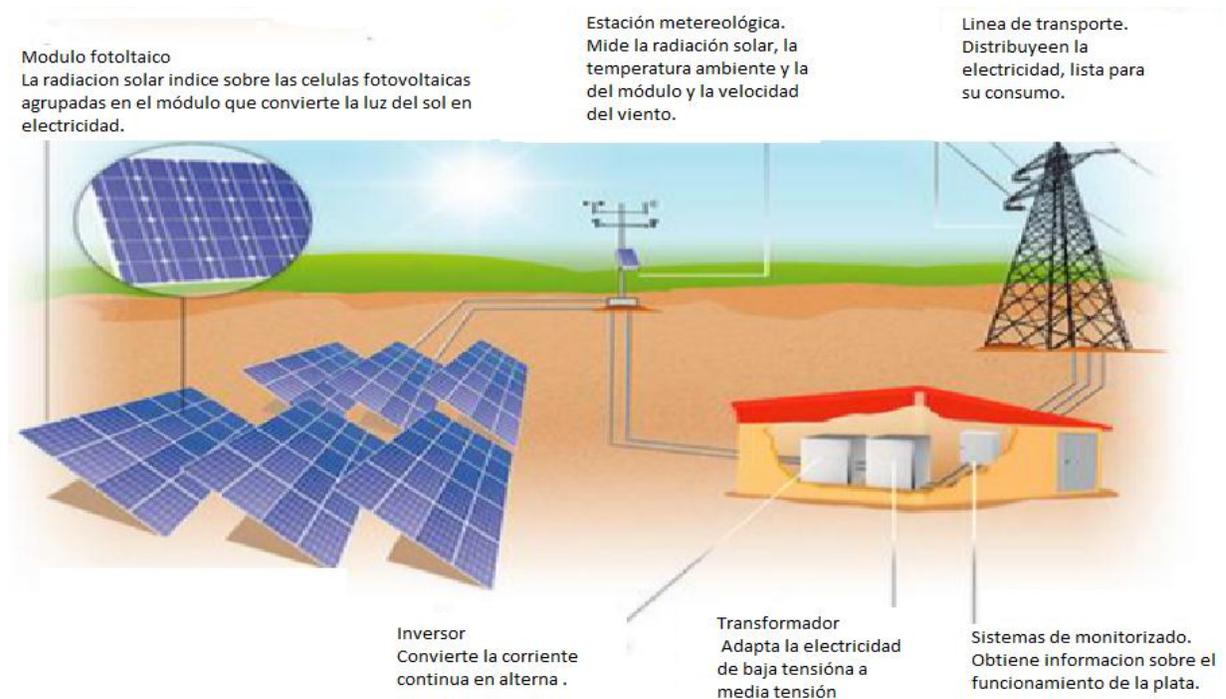


Figura 1. Proceso de generación de electricidad fotovoltaica. Fuente: garzón, j. s. g., & gallego, r. g. (2013). Pág 28. [1]

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La radiación solar recibida por la tierra sufre alteraciones como son: la reflexión que es generada por las nubes, absorción que es ocasionado por el oxígeno y dióxido de carbono, por último, la difusión que es ocasionado por el polvo y las gotas de lluvia dan como resultado pérdidas en la radiación que es recibida por los paneles solares [2].

En general la irradiancia se mide en vatios por metros cuadrado (W/m^2), por otra parte, la energía recibida por los paneles solares se utiliza como unidad de medida ($W * h/m^2$), donde la capacidad de radiación solar depende de la región donde se desee trabajar, como se demuestra en la Figura 2.

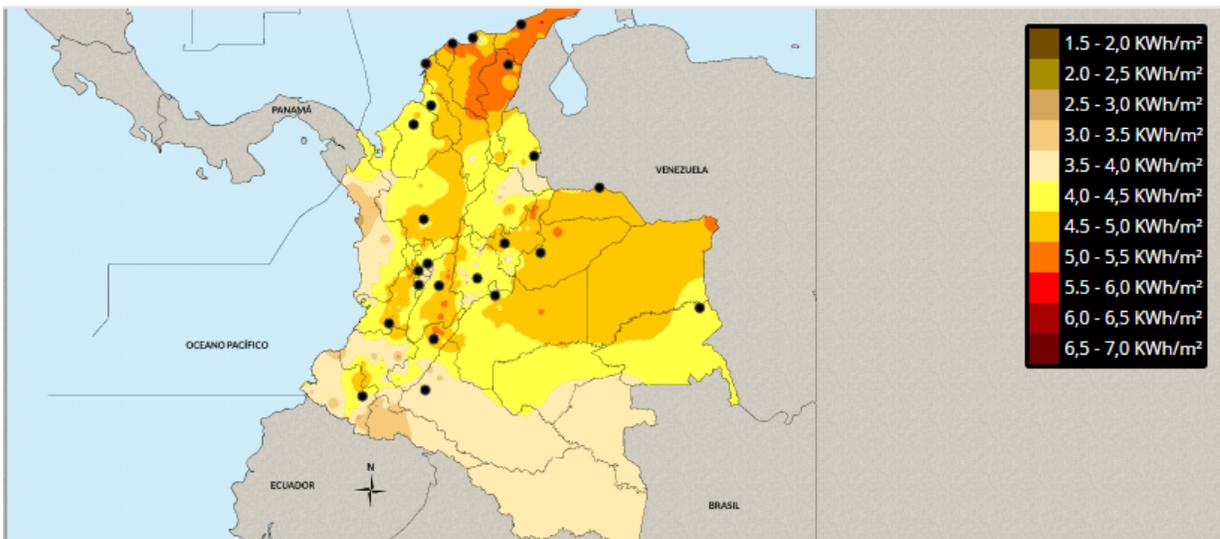


Figura 2. Irradiación global horizontal medio diario anual. Ideam. Fuente: (2015). Pág 1. [3]

Los valores observados, se miden en ($\frac{KWh}{m^2}/día$) que muestran que nuestro país por su posición geográfica cuenta con una disponibilidad del recurso solar, teniendo un promedio de autonomía del ($4,16 \frac{KWh}{m^2}/día$).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 Sistemas fotovoltaicos en Colombia y Latinoamérica.

En Colombia se han implementado sistemas fotovoltaicos en la investigación de energías limpias como es presentado en el trabajo de la universidad de San Buenaventura de Cali, donde se **implementa un sistema** encargado de suministrar energía en una residencia con voltaje DC en los **electrodomésticos** sin utilizar inversores de corriente, reduciendo costos en la **instalación**. En las áreas rurales del país donde la electricidad es conseguida por medio de generadores de combustión interna, da como resultado grandes costos en los combustibles, **en la instalación** y mantenimiento en áreas alejadas de la ciudad, convirtiendo la energía solar fotovoltaica **en** una alternativa que podrá resultar económica y confiable a largo plazo, teniendo en cuenta **que en Colombia** cerca de 1 millón de familias carecen de energía eléctrica en áreas rurales [3].

Sistemas de calentamiento de agua por medio de colectores solares se han usado en zonas residenciales y recreativas específicamente en la ciudad de Medellín, donde a mediados de los años 80 el hospital Pablo Tobón Uribe implementó un colector solar para la reducción del consumo energético en el calentamiento de agua, dando como resultado un ahorro económico a corto plazo [4].

A nivel mundial más de 500000 hogares rurales cuentan con energía solar fotovoltaica [5], demostrando que una de las ventajas fundamentales de este sistema es que solo depende de la radiación como fuente energética. Como referencia, la investigación tomo los datos en Venezuela, Municipio de Mara, donde la energía radiada en los doce meses del año presenta un comportamiento variable, siendo noviembre el mes con menor irradiación solar, con una demanda promedio de 5 kWh/día. Esta información fue tratada por medio del software HOME **que sugiere una ubicación óptima del panel, para garantizar su máxima eficiencia.**

Investigaciones similares se han realizado en Chía Cundinamarca [6] donde se realizaron tres estudios para cubrir la demanda de la energía convencional en un 100%, 70% y 40 % a nivel residencial en estrato 6, supliendo la necesidad que pueda costear el usuario y teniendo en cuenta que en Colombia el consumo de energía es realmente económico en comparación a otros países a nivel mundial. Es así, como la energía solar se convierte en una opción poco tentativa o probable para los usuarios colombianos, sin embargo, el trabajo presenta con veracidad que la inversión de este sistema se puede suplir en su totalidad en siete años y medio de operación.

2.3 Beneficios en energías limpias.

Para la generación eléctrica no convencional se contemplan unos beneficios según la ley 1715 del 2014, donde se presentan descuentos como son: exoneración del IVA, no pago en derechos de aranceles y un proyecto de ley que consiste en proponer la instalación de contadores bidireccionales, en que el kWh que se ha regresado a la red principal se reflejara en descuentos económicos en la cuenta de servicios públicos de los usuarios. Por otra parte, es claro que a medida que se refleje un aumento a gran escala se reducirá considerablemente el precio en los módulos fotovoltaicos, presentándose una reducción del 18 % cada vez que duplique la producción, como se muestra en la Figura 3.

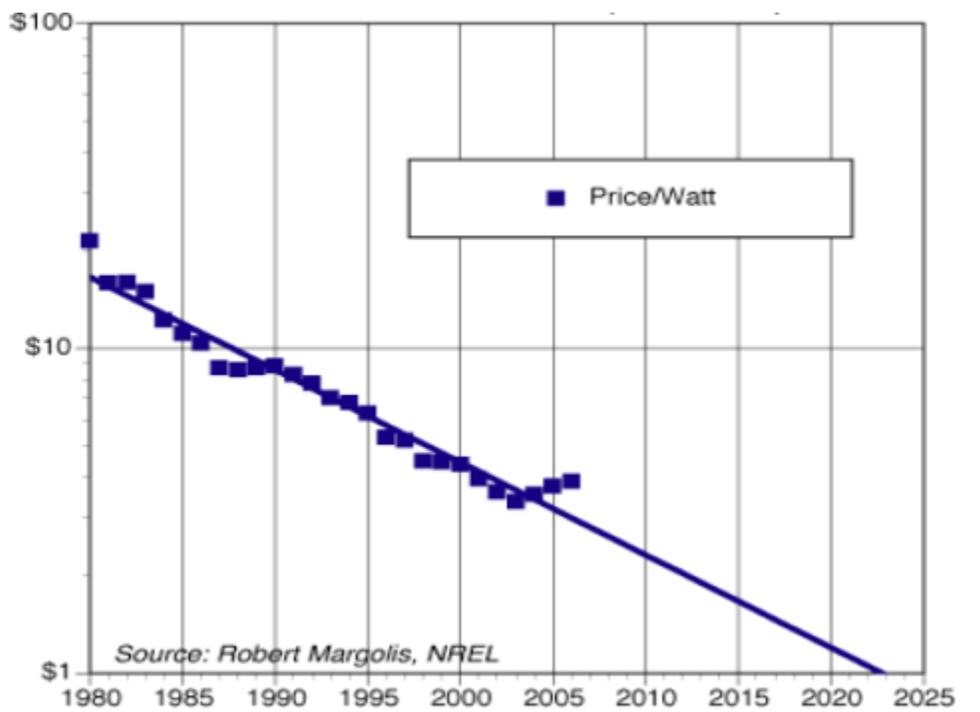


Figura 3. Precio módulos fotovoltaicos versus tiempo. Fuente: Escobar M. (2010). Pág. 2.

[7]

Adicionalmente muchos centros de investigación en Colombia y otros países han realizado sus estudios de tracking y MPPT, como la universidad tecnológica de Pereira presenta avances en la energía solar fotovoltaica, donde se diseñó un prototipo que ayuda a extraer más cantidad de energía en el panel solar, mediante un seguidor solar compuesto de un

microcontrolador Motorola, el cual controla un movimiento para permanecer perpendicular a los rayos de sol, generando mayor captación de radiación solar [7].

2.4 Avances significativos.

España se ha presentado como un país pionero y referente internacional en los sistemas térmicos y sistemas fotovoltaicos, siendo estos una gran fuente de suministro en el consumo energético residencial. Ej: tienen concentradores puntuales para recibir la energía en un sector específico (Figura 4).

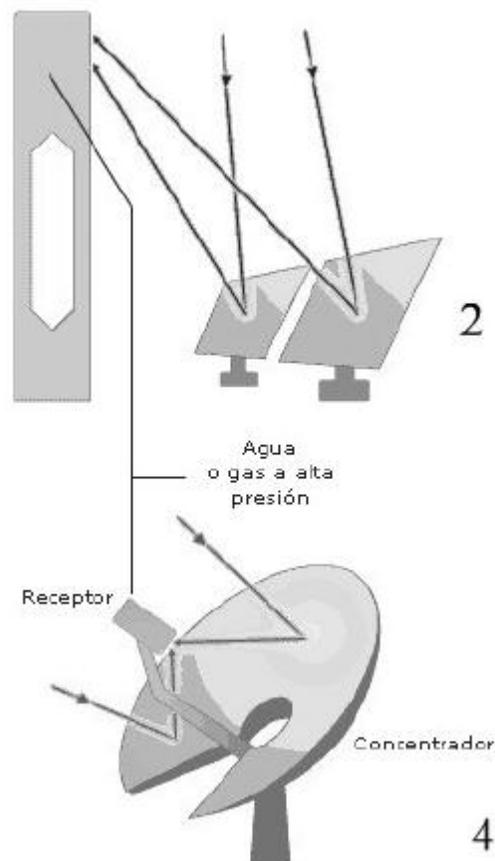


Figura 4. Concentradores puntuales. marín, c. e. (2010). Pág. 3. [8]

De lo anterior, fueron creadas centrales eléctricas termo solares conformados de un sistema captador, un sistema absorbedor y un sistema de conversión de potencia construidos por espejos reflectores en un punto fijo [8].

Mientras que los sistemas fotovoltaicos pueden alcanzar a generar un promedio anual de 1300 kWh/kWp [8], para Colombia la generación eléctrica es un 64% hidráulica y un 30% Térmica, como se observa en la Figura 4.

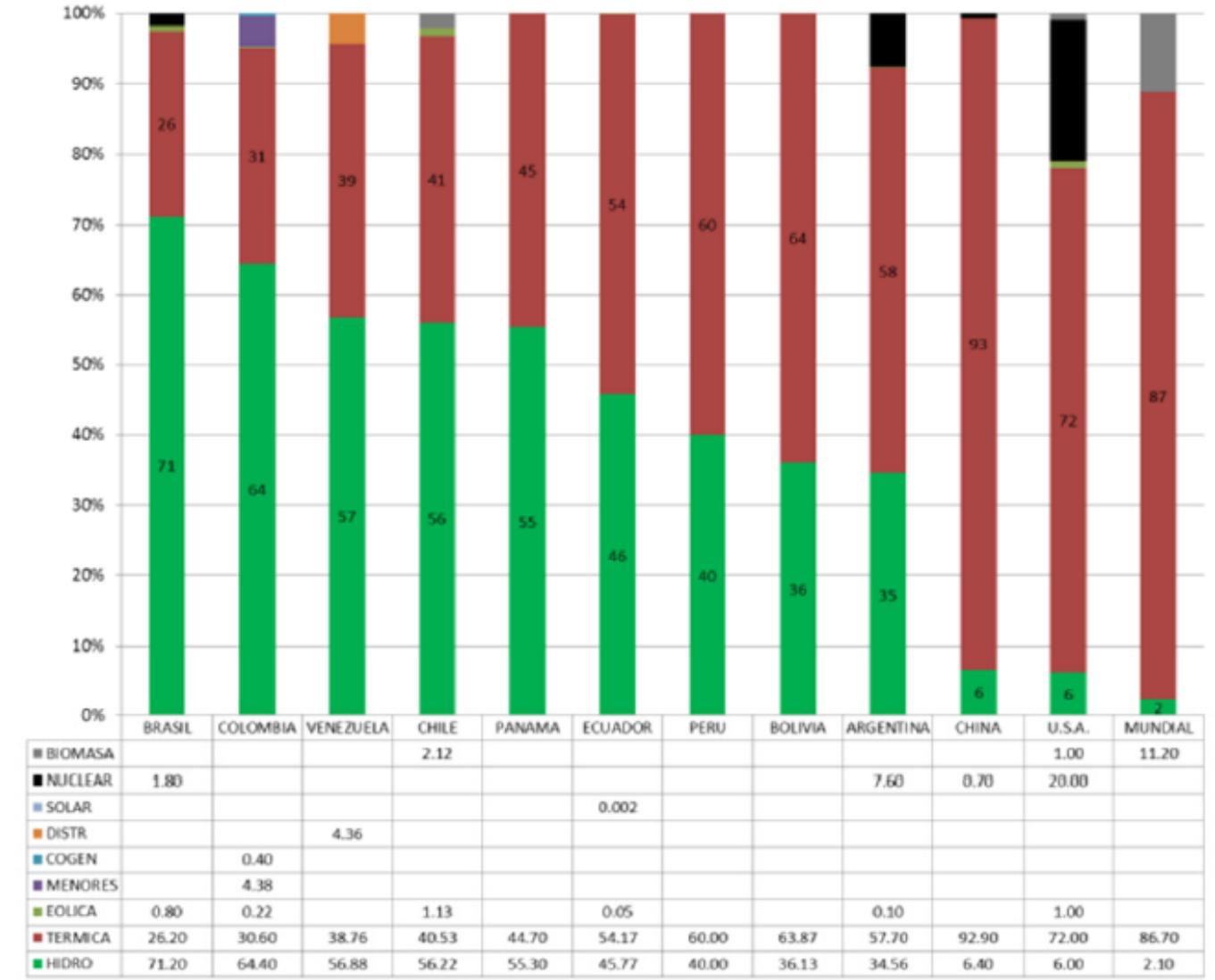


Figura 5. Matriz energética por capacidad instalada. Fuente: camargo, l., arboleda, m., & cardona, e. (2013). Pág. 2. [9]

Se observa en la Figura 5 la capacidad instalada en diferentes países de Latinoamérica y sus fuentes para el abastecimiento de energía, concentrándose en dos fuentes principales como son la energía térmica y energía hidráulica, dejando a un lado nuevas fuentes limpias como la energía fotovoltaica contando tan solo con un 0.002 %.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Adicionalmente, las emisiones de dióxido de carbono que son generadas durante la producción de energía eléctrica (kWh) se encuentran en un promedio de 130 gramos de CO₂ por cada kWh en sistemas hidro térmicos [9], como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Factor de emisión por kWh.

País	Factor emisión generación [gCO ₂ /kWh]
China	764
Estados unidos	542
Bolivia	498
México	467
Chile	375
España	361
Ecuador	354
Argentina	343
Panamá	300
Perú	195
Colombia	120
Brasil	81

Fuente: camargo, l., arboleda, m., & cardona, e. (2013). Pág. [9]

De lo anterior se muestra a Colombia en buena posición en comparación de otros países, **sin** embargo, cuando aumente las centrales de generación eléctrica se tendrá como resultado una huella ambiental desfavorable en el ecosistema y fauna.

Si se implementan sistemas de generación eléctrica convencional, se obtiene como resultado un aumento en la contaminación del efecto invernadero.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5 Arquitectura de un sistema solar fotovoltaico para una vivienda.

Una instalación fotovoltaica consta de ciertos componentes que se muestran en la Figura 6.

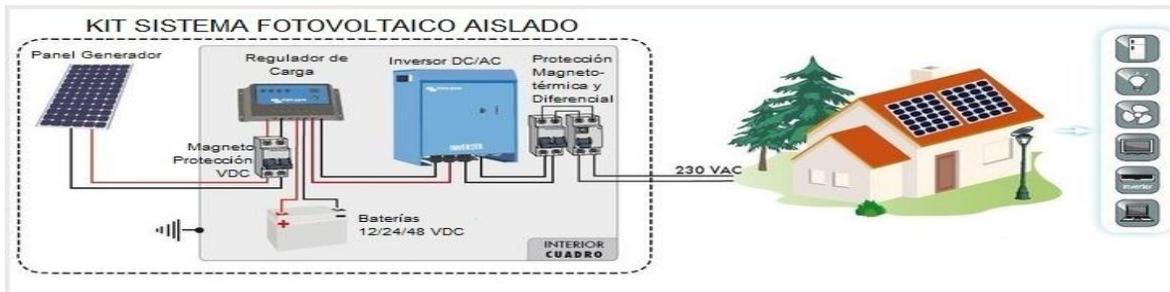


Figura 6. Componentes de una instalación fotovoltaica. Fuente: Ingemecánica. (2013). Pág. 1. [10]

2.5.1 Panel generador.

Encargado de captar la radiación solar y transformarla en electricidad, generando una corriente DC. El número de paneles se determina a partir de la radiación del sitio, la potencia de las cargas a alimentar, la tensión y la topología de conexión.

Comercialmente existen tres tipos de paneles generadores amorfodos, policristalinos y monocristalinos. El panel policristalino cuenta con una eficiencia del 19 %, el panel amorfodo cuenta con una eficiencia que oscila entre el 10 ~12 %, mientras que el panel monocristalino siendo el mejor por su rendimiento, con una eficiencia del 23 % actualmente tiene costos elevados en el mercado. En la Tabla 2, se muestra el porcentaje de ocupación en m^2/kW , conforme al tipo de panel que se implementa en una instalación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 2.

Tipos de materias en los módulos fotovoltaicos.

Tecnología del módulo	Superficie ocupada (m^2/kW)
Monocrystalino	6 a 9
Policristalino	7 a 10
Capa fina	15 a 20

Fuente: Agustin, C., & German, S. (2012). Pag 171. [11]

2.5.2 Controlador de carga.

Encargado de controlar la carga de las baterías desde los paneles generadores, de igual manera la descarga hacia los circuitos de alimentación en la vivienda. Protege el sistema de cargas excesivas en las baterías o descargas que afecten el óptimo funcionamiento del sistema.

El controlador PWM trabaja con un módulo de ancho de pulso, adicionalmente este controlador cuenta con una función que permite maximizar la energía capturada por el generador fotovoltaico mediante el uso de una tecnología específica de seguimiento y búsqueda del punto de máxima potencia de funcionamiento del generador llamado MPPT [11].

2.5.3 Baterías.

Por medio de las baterías se almacena la energía captada por el panel durante el día con la radiación solar. Es un elemento fundamental ya que permite inyectar una intensidad de corriente superior a la que puede entregar un panel solar en el momento que sea requerido por la vivienda.

Existen dos clases de baterías las cuales son: clico profundo, que admiten ser descargada hasta un 90 % pero con corrientes muy bajas. Ciclo estacionario, permite descargar a corrientes altas, pero en tiempo corto. Los tipos de baterías que se pueden encontrar en el mercado son: Gel, AGM y Litio.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.5.4 Inversor.

Dispositivo encargado de la conversión de la corriente DC generada por los paneles fotovoltaicos, en corriente AC, que será empleada por los elementos receptores como son los electrodomésticos utilizados en la vivienda. Existen dos tipos de inversores, onda modificada, el cual funciona con una onda de corriente generada electrónicamente y no permite cargas elevadas.

2.5.5 Protección.

Cumple el objetivo de poder detectar y eliminar cualquier incidente en la instalación, garantizando la protección de los equipos conectados y de las personas. Además, genera protección contra sobrecargas, cortocircuitos y sobretensiones.

Existen dos tipos de interruptores AC y DC, su función es detectar corrientes que superen lo requerido por el sistema. Estos interruptores parecen similares en forma y función, pero son diferentes internamente. El interruptor de DC se utiliza un imán para atraer el arco, tirando de él desde la cámara de aire, y lo apaga mientras que el interruptor de AC no está equipado con un imán, y no puede extinguir un arco de DC.

2.5.6 Cableado.

En la instalación fotovoltaica de una vivienda conectada a la red eléctrica de distribución, se pueden diferenciar dos tramos de cableado. El primer tramo, es el de corriente continua, que abarcaría desde los módulos fotovoltaicos hasta el tablero punto de acople común (PCC). El segundo tramo, es el de corriente alterna, abarcando desde la salida del inversor hasta llegar a la caja de derivación en el tablero principal. En este tablero principal se tendrá la conexión con la red eléctrica.

Para el dimensionado de la sección de los conductores se debe de tener en cuenta la NTC 2050 en la tabla 310-16 y tabla 310-17 [12].

2.5.7 Otras definiciones.

Fotovoltaico: Consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tramo: Parte de una sección donde se va a trabajar.

Energía renovable: Energía que utiliza los recursos inagotables de la naturaleza, como las radiaciones solares o el viento.

Panel solar: Dispositivo encargado de captar la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.

Magnetismo: Conjunto de fenómenos atractivos y repulsivos producidos por los imanes y las corrientes eléctricas.

Inversor de tensión: Dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de corriente continua DC en otro voltaje de salida corriente alterna AC.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. METODOLOGÍA

3.1 Cálculo del consumo estimado.

Para llevar a cabo el dimensionamiento técnico de este proyecto, se tomó como referencia la demanda energética en una vivienda de estrato 3 ubicada en el suroccidente de Medellín; la tensión del sistema es 110 V AC a 60 Hz, con el fin de suplir **las cargas que se muestran en la Tabla 3. Los datos de dicha tabla se obtienen de manera similar a los obtenidos para las bombillas, cuyo proceso, tomado de [8], se observa a continuación:**

Bombilla: 7 **Vatios [W]**, 5 horas de uso, cantidad 4.

Ecuación 1. Cálculo Vatios hora (Wh)

$$\text{Vatios hora (Wh)} = \text{Potencia (W)} * \text{horas de uso (h)} * \text{cantidad} \quad (1)$$

$$\text{Vatios hora} = 7 \text{ W} * 5 \text{ h} * 4$$

$$\text{Vatios hora: } 140 \text{ Wh}$$

Ecuación 2. Cálculo de Amperios hora, para una batería de 12 V DC:

$$\text{Amperios hora (Ah)} = \frac{\text{Vatios horas (Wh)}}{\text{Volaje batería (V)}} \quad (2)$$

$$\text{Amperios hora (Ah)} = \frac{140 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} = \frac{140 \text{ VAh}}{12 \text{ V}}$$

$$\text{Amperios hora(Ah)} = 11.66 \text{ Ah}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

A continuación, se presenta en la Tabla 3 el resumen del cálculo de potencia de los elementos eléctricos de la vivienda que fueron obtenidos de un estudio realizado por EPM [13].

Carga	Cantidad	Potencia (W)	Horas de uso (h)	Vatios hora (Wh)	Amperios hora (Ah)
Bombilla led	4	7	5	140	11.7
Televisor led 32"	1	140	4	560	47
Equipo de sonido	1	30	2	60	5
Tomas	2	40	4	320	26.7
Total	11	189	15	1080	90.4

Tabla 3. Potencia de los elementos eléctricos de la vivienda [13]

El total de la carga que se debe suplir en el sistema es **90.4 Ah – día y 32.4kWh – mes**, excluyendo cargas constantes que siempre estará alimentado por la red convencional como son la licuadora, nevera, arrocera y fogones con resistencia. Además, en los tomas solo se implementara para cargas de teléfonos móviles.

3.2 Dimensionamiento del sistema de generación fotovoltaico.

A continuación, se describe los elementos a utilizar después de calcular la potencia requerida por la vivienda.

3.2.1 Cálculo de la potencia requerida por la vivienda.

En la Figura 7 se presenta la radiación solar diaria promedio en Medellín para cada mes del año, la cual es fundamental en el cálculo de la **energía generada** para cada mes del año.

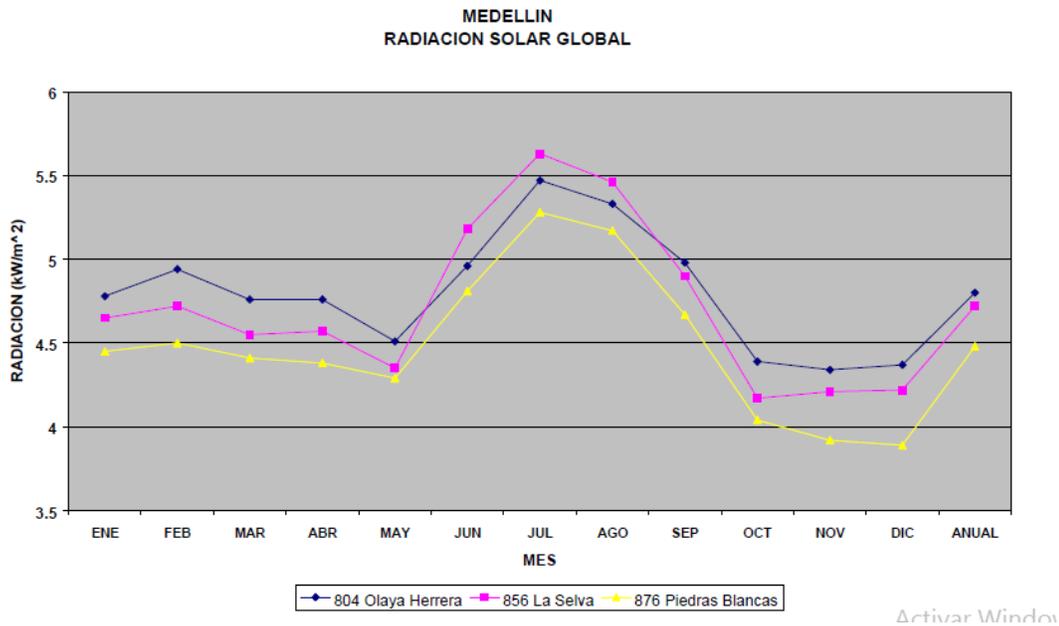


Figura 7. Solutecnia. Fuente: (2015). Pag 3. [14]

Para suplir la carga en una casa de estrato 3 en Medellín, se debe generar:

$$P_{GFV} = \frac{E}{HSS * N * PR} \quad (3)$$

Ecuación 3. Potencia a la salida panel generador

E: energía consumida mensualmente (kWh-mes).

HSS: horas de sol estándar de la zona (para este caso **4.16 h**) [2].

N: número de días en el que consume la energía E (30 días).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

PR: factor de rendimiento del sistema (0,7 a 0,8).

Con la ecuación 3 se puede encontrar la potencia que debería suplir el panel generador a partir del consumo promedio mensual que es del $32.4kWh - mes$, donde:

$$P_{GFV} = \frac{32.4 kWh - mes}{4.16h * 30 * 0,8}$$

$$P_{GFV} = 0.3245kW * \frac{1000}{1k}$$

$$P_{GFV} = 324.5 W$$

3.2.2 Selección del inversor.

En la selección de este elemento se debe de tener en cuenta la potencia nominal en la salida del panel generador y su **punto máximo de potencia (MPP)**. Según la ecuación 3, la potencia que debe producir el panel generador es de $324.5 W$.

Se selecciona el inversor de onda pura, porque permite trabajar con dispositivos de motor monofásico y elementos electrónicos. En el mercado se encuentra un inversor apto para este **proyecto, es el Victron Energy Phoenix Ref. 12/350**, el cual tiene **su potencia máxima de salida** de $350 W$ a $110 V AC$, con una eficiencia del 89% y un pico de potencia teórico de $700 Wp$. [15]

3.2.3 Selección del panel generador.

El panel seleccionado para el diseño es el policristalino ya que su eficiencia es del 11.3% y se encuentra variedad en el mercado. En la Tabla 1, se muestra el porcentaje de ocupación teórico del panel seleccionado. A continuación, se calcula el consumo diario en la vivienda seleccionada:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El panel seleccionado debe suplir la potencia necesaria en la entrada del inversor, es decir, se deben de instalar un número de paneles tal que generen 1080 Wh promedio al día. Teniendo en cuenta una radiación de $1000 \frac{W}{m^2}$, se procede a calcular la potencia ideal, eficiencia, la potencia nominal y cantidad de módulos [16].

$$\text{Consumo diario} = 1080 \frac{Wh}{\text{día}}$$

$$\text{Potencia ideal [W]} = \text{Area del Panel [m}^2\text{]} * 100 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (4)$$

$$\text{Potencia ideal [W]} = 1.32m^2 * 100 \frac{W}{m^2} \quad (4)$$

$$\text{Potencia ideal [W]} = 1320 W \quad (4)$$

$$\text{Eficiencia del panel \%} = \frac{\text{Potencia Nominal [W]}}{\text{Potencia ideal [W]}} * 1000 \quad (5)$$

$$\text{Eficiencia del panel \%} = \frac{150 W}{1320 W} = 0.113 - 11.3\% \quad (5)$$

A continuación, se propone un módulo fotovoltaico el cual genera 150 W, se calcula la potencia del panel para cada hora del día, Tabla 4.

(6)

$$\text{Potencia entregada [W]} = \text{Area del Panel [m}^2\text{]} * \text{irradiación} \frac{W}{m^2} * \text{Eficiencia [\%]}$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Tabla 4.

Energía recolectada por un panel en un día de octubre, que es el mes con menos irradiación solar en el área metropolitana. [3]

HORA	AREA (m ²)	IRRADIACIÓN(W/m ²)	EFICIENCIA	POTENCIA ENTREGADA [W]
6:00-7:00	1,32	40,6	0,11	5,89
7:00-8:00	1,32	173,3	0,11	25,16
8:00-9:00	1,32	346,6	0,11	50,32
9:00-10:00	1,32	501,3	0,11	72,78
10:00-11:00	1,32	598,3	0,11	86,87
11:00-12:00	1,32	608	0,11	88,28
12:00-13:00	1,32	624,8	0,11	90,72
13:00-14:00	1,32	506,8	0,11	73,58
14:00-15:00	1,32	370,6	0,11	53,81
15:00-16:00	1,32	224,06	0,11	32,53
16:00-17:00	1,32	95,33	0,11	13,84
17:00-18:00	1,32	110,4	0,11	16,03
18:00-19:00	1,32	0,93	0,11	0,13
TOTAL				609,94

La potencia entregada por un módulo es de 610 W, entonces la cantidad de paneles necesarios son.

$$\text{Numero de paneles} = \frac{\text{Potencia total}}{\text{Potencia del modulo}} \quad (7)$$

$$\text{Numero de paneles} = \frac{1080}{610} = 1.77 \cong 1.8 \quad (7)$$

Con este resultado se propone utilizar dos módulos fotovoltaicos de 150 W, El módulo fotovoltaico seleccionado para este diseño es Yingli Solar Ref. YL150Wp, el cual genera máximo 150 W, voltaje de circuito abierto 29.0 V, corriente máxima 6.7 A y voltaje máximo de 22.5 V DC [17].

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La medida de estos paneles es 1.4*1 m la vivienda seleccionada en este proyecto cuenta con un espacio de 96 m² , garantizando un área para la instalación de este elemento.

3.2.4 Selección del Controlador de carga.

Es seleccionado el controlador con característica MPPT, ya que siempre busca utilizar el 100% de energía para suministrar las baterías de tal forma que en cada momento proporcione la intensidad máxima que es entregada por los módulos fotovoltaicos. El controlador que se selecciona para el diseño de la automatización es SUNSAVER MPPT Ref. SS-MPPT-15L, el cual se propone instalar a 24 V DC. Las especificaciones son, Tabla 5:

Tabla 5

Especificaciones Técnicas del controlador.

Especificaciones Técnicas	
Voltaje del sistema	12 V / 24 V
Corriente de batería especificada	15 A
Corriente de carga especifica	15 A
Voltaje máximo de alimentación	75 V
Potencia de alimentación nominal	
Sistema de 12 V	200 W
Sistema de 24 V	400 W

Fuente: Ficha técnica Pag 1. [18]

Adicionalmente cuenta con un puerto de comunicación que permite hacer mediciones del funcionamiento en todo el sistema. Por medio de pilotos encargados de indicar el estado de la carga si existe una falla en la alimentación solar y un indicador en la carga de las baterías si existen fallas en el sistema o en la carga. [18]

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.2.5 Selección de la batería.

En la selección de las baterías se debe tener en cuenta la eficiencia medida por el número de ciclos, siendo un ciclo (carga y descarga). Posteriormente, para la selección del número de baterías necesarias se debe tener en cuenta el consumo diario de la vivienda (1080 Wh) y se diseña 2 días de autonomía, ya que si en uno de los días amanece con tiempo nublado no afectará la autonomía de la batería. Adicionalmente la batería seleccionada tolera una descarga del 40 %, en este diseño se asume una descarga del 30 % para alarga la vida.[19]

$$Capacidad\ de\ la\ batería = \frac{(Energía\ necesaria * días\ de\ autonomía)}{(Voltaje * profundidad\ de\ descarga\ de\ la\ batería)} \quad (7)$$

$$Capacidad\ de\ la\ batería = \frac{1080VAh * 2}{12V * 0.30} = 600 Ah$$

Se propone dos baterías de ciclo profundo AGM de alto rendimiento, que deben estar conectadas en serie. La batería que seleccionada para el diseño es FULLRIVER BATTERY Ref. DC335-6 de 300Ah, ya que admite grandes descargas de corriente y un costo razonable con el proyecto. Además, de encontrar baterías en el mercado hasta 1200 ciclos. [19]

3.3 Tablero PCC y elementos adicionales.

El tablero general representa el PCC donde se realiza la conexión que alterna entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica, el cual estará conformado por un riel omega para la sujeción de los elementos a su interior. Según la norma NTC 2050, la capacidad de corriente especificada tabla 301.16 [12].

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.1 Protección.

Se debe instalar dos secciones de protección las cuales son; corriente alterna y corriente continua, necesarias para asegurar la protección de la instalación y la seguridad de las personas para realizar el mantenimiento necesario. Entonces, si la máxima corriente de salida del inverso Victron Energy Phoenix 12/350 es 29,16 A, se debe utilizar una protección de 30 A mínimo. El elemento seleccionado para este diseño es un interruptor Schneider IC60N automático bipolar ya que cuenta con una tecnología capaz de trabajar en tensión AC o DC [20].

- Corriente DC: Encargado de proteger el panel generador con un interruptor de 15 A por cada panel generador. Adicionalmente desde la salida de las baterías para el inversor con un interruptor de 30 A, de igual manera se protege la línea negativa del sistema fotovoltaico.
- Corriente AC: Encargado de proteger desde la salida del inversor con tensión AC para el tablero de distribución principal de la vivienda con un interruptor de 3 A.

3.3.2 Selección de conductor.

Con el fin de seleccionar el conductor se realizan los cálculos teniendo en cuenta el diámetro del cable, la longitud y el tipo de material utilizado como conductor.

- Cálculo del conductor DC para sistema solar.

$$s = f * \frac{L}{R} \quad (8)$$

Ecuación 8. Caída de tensión. Para voltaje DC en el sistema solar fotovoltaico [19].

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

E = Caída de tensión admisible [V]

I = Corriente [A]

R = Resistencia [Ω]

L = Longitud del conductor [m]

S = Sección en [mm^2]

f = Resistencia específica del material: cobre = 1/58; aluminio = 1/36.

Entonces, con una corriente de 31.5 A, longitud del cable de 14 m y una caída de tensión admisible de 3 V [17]. se debe encontrar la resistencia con la siguiente fórmula.

$$R = \frac{E}{I} \quad (9)$$

$$R = \frac{3V}{31.5A} = 0.095 \Omega$$

En la longitud del cable se toman en cuenta los dos conductores positivo y negativo del circuito.

$$L = 14 m * 2 = 28 m$$

Reemplazando la Ecuación 5 en la Ecuación 4.

$$S = 0.0172 * \frac{28 m}{0.095}$$

$$S = 5.06mm^2$$

Este resultado se debe dividir por dos, ya que es el número de cables que se van a utilizar.

$$S = \frac{5.06mm^2}{2} = 2.53mm^2$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se debe utilizar un cable tipo fotovoltaico con una sección transversal de 2.53mm^2 [21]. El cual cumpla las siguientes características: Temperatura máxima de $120\text{ }^\circ\text{C}$, temperatura mínima de $-40\text{ }^\circ\text{C}$, resistencia al ozono, resistencia a los rayos ultra violeta, resistencia a la absorción de agua y una vida útil de 30 años.

- Cálculo del Conductor AC para sistema solar, con una corriente de 15.75 A.

$$C_T = k * \frac{DT * R_C * I_n}{1000 * V * N_C} * 100\% \quad (10)$$

Ecuación 5. Caída de tensión. Para voltaje AC en vivienda monofásica.

C_T : Caída de tensión (%). Recomendado 3% [12].

DT : Distancia (m).

R_C : Calibre del cable (Ω/km).

I_n : Corriente (A).

V : Voltaje (V).

N_C : Numero de cables por fase.

k : Tensión del sistema: monofásica (2), trifásica ($\sqrt{3}$)

$$C_T = 2 * \frac{2\text{m} * 6.73 \Omega/\text{km} * 15.75\text{A}}{(1000 * 120\text{V} * 1)} * 100\%$$

$$C_T = 0.35 \%$$

Con un porcentaje 0.34 %, según la tabla 310.16 NTC 2050 [12], el conductor que se debe de utilizar es un calibre 12 AWG.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.3 Conductor puesta a tierra.

En todas las fuentes de energía fotovoltaica debe haber un conductor de un sistema bifilar de más de 50 V nominales. Por tal motivo se utiliza un cable calibre 10 AWG, **cumpliendo con el requerimiento de la NTC 2050 [12].**

3.3.4 Tablero de distribución eléctrico.

Se recomienda utilizar un tablero medidas: 40*30*20 cm (Alto, ancho, fondo); con capacidad para anclar los siguientes elementos: controlador SUNSAVER MPPT, el Inversor Victron Energy Phoenix, las protecciones y un relé el cual está encargado de hacer la conmutación automatizada de corriente del inversor a la red de principal en la vivienda por medio del controlador.

3.3.5 Selección de tubería eléctrica.

La sección transversal que se debe implementar corresponde a la cantidad de conductores que permite la norma NTC 2050 en la tabla 4 y 5, en la cual se debe dejar libre el 40 % del diámetro interno [12]. Serán 3 conductores calibre 12 AWG tipo fotovoltaico para el sistema fotovoltaico. Se utilizará una tubería eléctrica tipo metálica EMT de 1/2 ''

3.3.6 Plano unifilar.

Se presenta el plano unifilar que se propone en el diseño de un sistema solar fotovoltaico para la vivienda seleccionada **Figura 8.** Donde se enseña la conexión desde el panel generador hasta su distribución en la vivienda haciendo el cambio de alimentación cuanto este sea requerido por las necesidades del sistema.

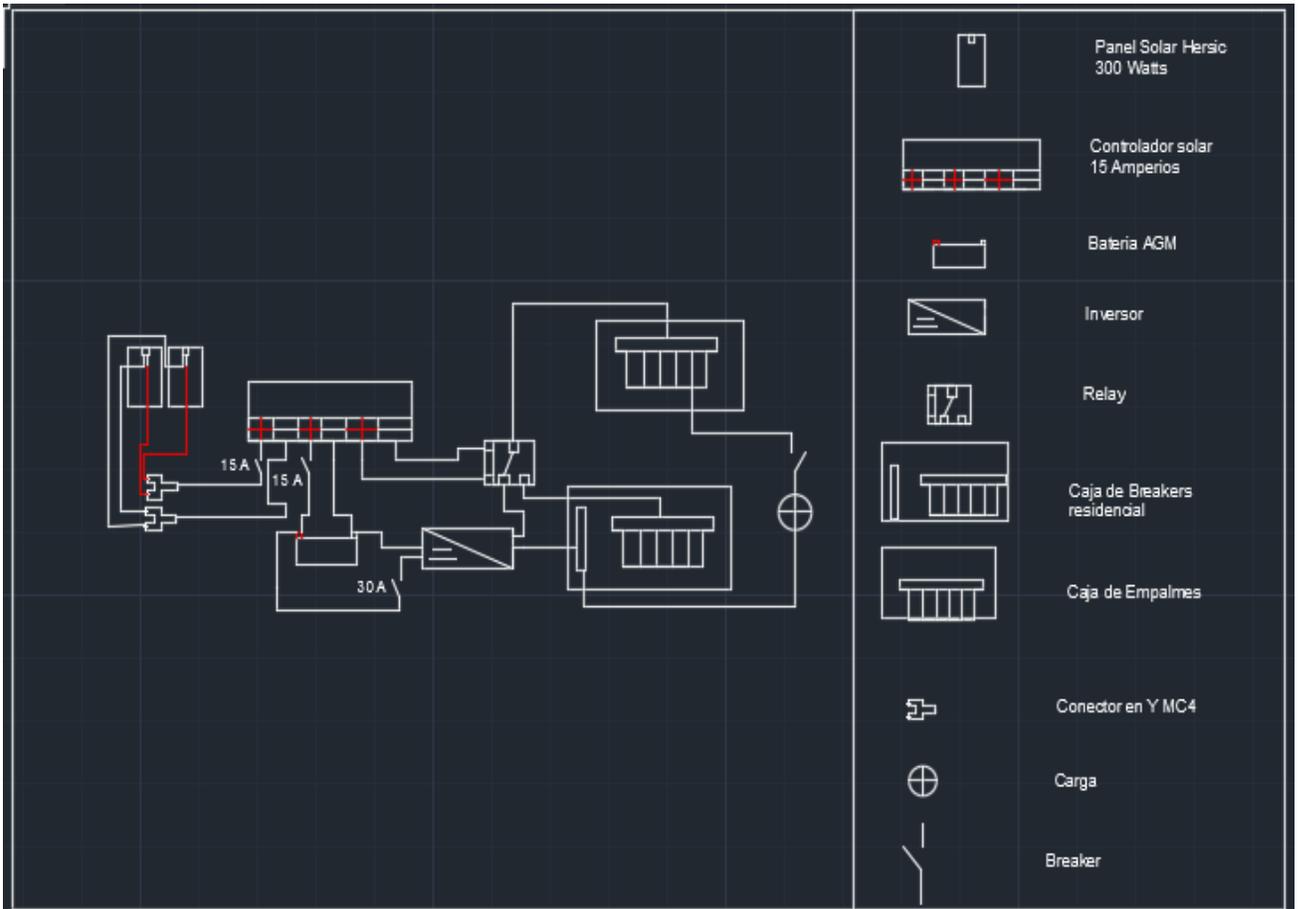


Figura 8. Conexión eléctrica.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este ítem se presenta una guía para la instalación del sistema solar fotovoltaico en una vivienda estrato 3 en la ciudad de Medellín, el cual permite el desarrollo de este diseño.

A continuación, se procede a diseñar el método de instalación donde se realiza la conexión que alterna entre el sistema fotovoltaico y la red eléctrica.

4.1 Condiciones de la instalación.

El diseño propone ubicar los paneles en el techo de la vivienda, siendo esta la parte más alta y mayor radiación. La superficie disponible para la disposición de los paneles solares es 96 m^2 , contando con un amplio espacio para la sujeción de dichos elementos.

4.2 Paso 1 paneles generadores.

Según los cálculos anteriores se deben usar **dos paneles** generadores. En la sujeción de este elemento se cuenta con un riel especial para teja tipo barro, el cual viene con el panel Yingli Solar, Figura 9.

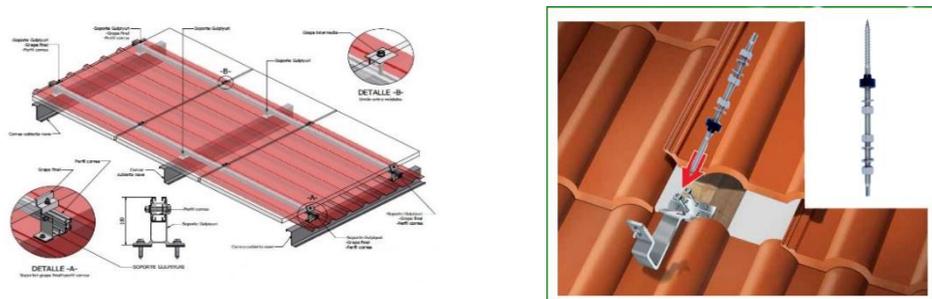


Figura 9. Sujeción del panel generador. Fuente: [22]

Posteriormente se sujetan los soportes en las vigas principales del tejado y se monta los paneles generadores.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Se procede a instalar la conexión eléctrica con la tubería EMT de 1/2" y los conductores calibre 12 AWG tipo fotovoltaico el cual estará conectado con el panel generador.

4.3 Paso 2 cableado y tubería EMT.

Con el panel generador en su posición deseada, se procede a llevar la conexión eléctrica por medio de la tubería EMT, teniendo en cuenta la cantidad de curvas permitas es de 4 entre 2 puntos de sujeción y un soporte cada 3 metros como mínimo [12], hasta el tablero PCC. Adicionalmente la tubería debe llevar su acoplamiento al tablero PCC garantizado firmeza en la estructura.

4.4 Paso 3 tablero PCC.

El diseño recomienda instalar el tablero de forma que este junto al tablero de distribución principal de la vivienda, el cual será punto de acople. A continuación, se tendrán alojado los siguientes elementos: relé electromagnético estado sólido, controlador SUNSAVER MPPT, Inversor Victron Energy Phoenix y los interruptores DC.

4.5 Paso 4 Batería.

Se recomienda en la ubicación de la batería un lugar que cuente con una buena ventilación, no estar en la intemperie, no le caiga agua o líquidos, las partes energizadas deben estar protegidas y estar en un lugar que no se vea comprometido la integridad humana [12].

De lo anterior, se propone ubicar la batería FULLRIVER BATTERY, cerca del suelo ya que tiene un peso de 32.7 kg, además un huacal de material tipo PET el cual es un material no conductor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.6 Paso 5 conexión eléctrica.

Una vez instalado por completo todos los elementos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaica se plantea la conexión eléctrica desde los paneles generadores hasta el tablero de distribución principal.

- **Conexión de los paneles en paralelo.**

Se debe conectar los paneles generadores en paralelo para aumentar la corriente y mantener el voltaje constante, es decir, si cada panel es de 12 V DC a 8 A y conectados en paralelo quedarán con 12 V y 16 A. En este diseño se propone implementar un conector MC4, el cual lleva un pin en aluminio y una carcasa plástica de alta densidad lo cual permite una rápida conexión segura, Figura 10.

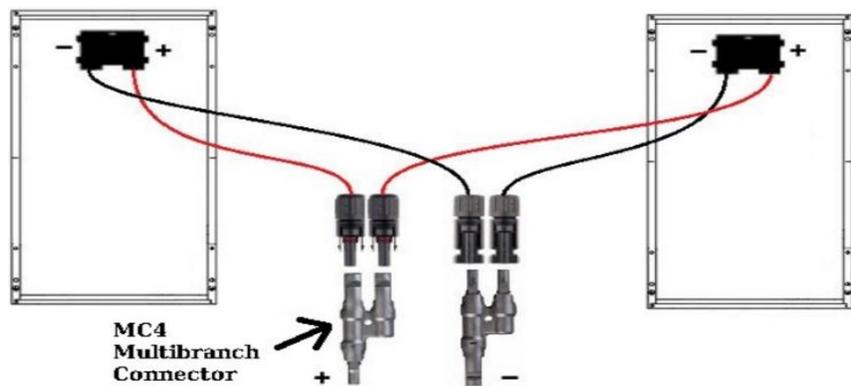


Figura 10. Conexión en paralelo. Fuente: [22]

El conector MC4 tiene en cuenta el paso del tiempo, el efecto del sol, el viento y el agua. Garantizando un correcto funcionamiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Conexión de la batería.**

Para identificar la desconexión por bajo voltaje (L.V.D, por sus siglas en inglés) se debe ver la ficha técnica de la batería, ya que a partir del voltaje de la batería podemos saber el estado de carga. En este caso la desconexión de la carga de la batería debe ser en 11.0 V o 12 V al descargar la batería entre un (40 – 50) %, Figura 11.

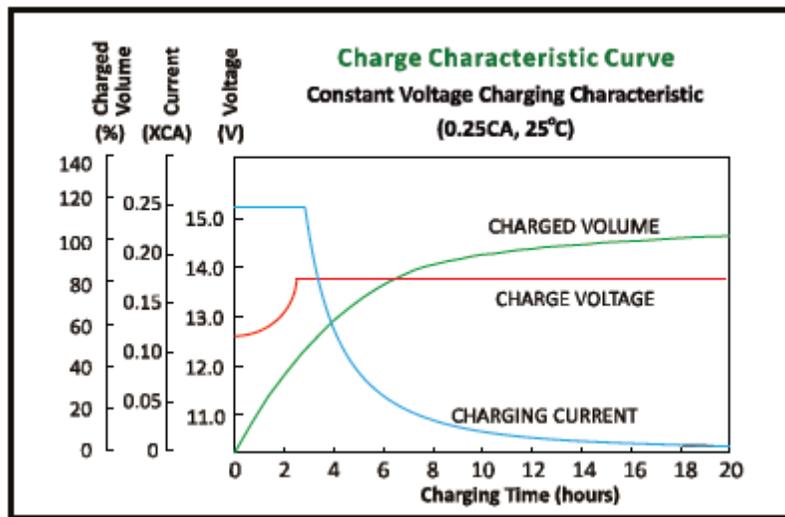


Figura 11. Consumo de la batería. Fuente: Pag 1. [18]

- **Conexión del controlador**

Posteriormente se debe buscar la ficha técnica del controlador donde podemos graduar el L.V.D. y el L.V.R de la batería desde los interruptores que tiene el controlador solar Morningstar, Figura 12.

Control de carga-Desconexión/reconexión por bajo voltaje(LVD/LVR)	
Elija entre las dos (2) configuraciones de control de carga Desconexión/reconexión por bajo voltaje	
Interruptor 2 apagado	LVD=11.50 V, LVD=12.60 V
Interruptor encendió	LVD=11.00 V, LVR= 12.10 V

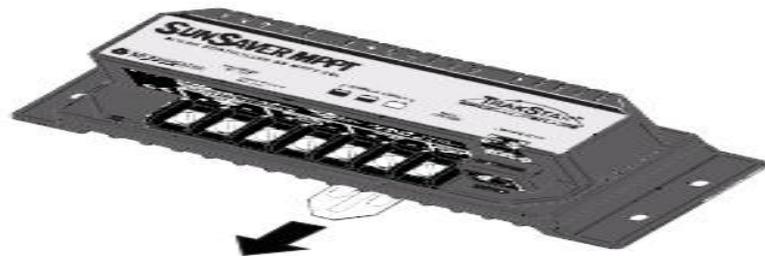


Figura 12. Control de carga. Fuente: Pág. 1. [17]

A continuación, se presenta la conexión del relé.

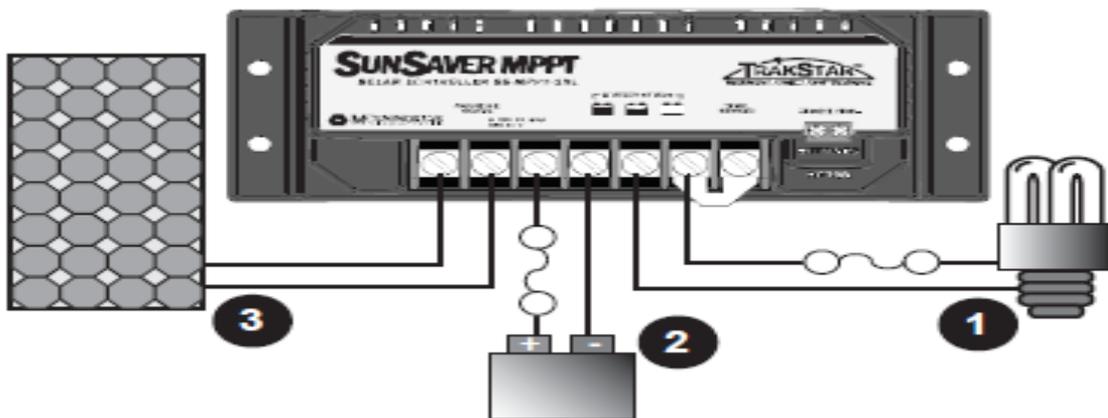


Figura 13. Conexión del relé. Fuente: Pag 2. [17]

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la Figura 14, **Según el diagrama la bombilla se mantendrá encendida**, si el voltaje de la batería se encuentra por encima de 11,5 V, si el voltaje baja de 11,5 el bombillo se apagará. De este modo reemplazara la bombilla por un relé que accione cuando el voltaje se mantenga por encima de 11,5 y haga sus respectivos cambios de estados.

4.7 Costo de inversión.

Se presenta en el apéndice A, el cálculo **económico** estimando para la instalación de un sistema solar fotovoltaico en una vivienda. Este sistema no requiere mantenimiento, pero si una limpieza periódica en los paneles fotovoltaica garantizando el funcionamiento de forma eficiente. Los elementos que se han propuesto tienen una vida útil mayor a 12 años, a Excepción de la batería que tiene una vida útil de 5 años y medio con descargas del 60 %, Por tal motivo con la condición de que se plantea solo descargar el consumo de la batería hasta un 30 % se espera logra alargar la vida útil.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones.

- El diseño ofrece una guía práctica para la instalación de un sistema solar fotovoltaico en una vivienda estrato 3 en la ciudad de Medellín. Obteniendo como resultado el aprovechamiento de la energía de forma gratuita. El desarrollo de una arquitectura solar convierte esta tecnología en una opción viable y óptima para ser implementada a nivel urbano.
- Por medio del controlador se permite alargar la vida útil de la batería. Adicionalmente, de esta forma se minimiza las pérdidas en la captación de energía y acumulación.
- El paso a paso de la instalación presentado para el sistema solar fotovoltaico, es una herramienta que permite al lector comprender como se debe desarrollar una instalación de forma adecuada, segura y eficiente.
- El estudio de inversión presentado permite evidenciar EL RETORNO ECONÓMICO EN un lapso de 7 años y medio, omitiendo gastos de mantenimiento. De igual manera se alarga la vida útil de la batería debido a su instalación que solo permite descargas hasta un 30 %.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5.2 Recomendación.

- Se debe realizar un mantenimiento preventivo al sistema de energía solar fotovoltaico de forma anual, para determinar ajustes de conexiones y puntos calientes.
- Se recomienda una limpieza periódica en los paneles generadores para alargar la vida útil del mismo y conservar las características de funcionamiento.
- Una futura instalación del sistema de generación solar fotovoltaica depende del espacio de cada vivienda, ya que es un caso diferente al momento de realizar una instalación.

5.3 Trabajos futuros.

Se espera una independencia de las fuentes de energía convencionales de forma total en el consumo de la vivienda. Los incentivos que promulga la Ley 1715 de 2014 representan un avance significativo que permitirá redundar en la promoción de nuevas tecnologías energéticas no convencionales. Además, futuros contadores bidireccionales los cuales entregaran bonificaciones para usuarios que entreguen a la red principal energía. Por último, se cuenta con una guía importante en teoría, metodología e instalación como es el prototipo presentada este diseño.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6. REFERENCIAS

1. Garzón, J. S. G., & Gallego, R. G. (2013). Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribía, departamento de la Guajira – Colombia, 1–111. Retrieved from <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/2590%0A>
2. Cruz-Ardila, J. C., Cardona-Gómez, J. C., & Hernández-Porras, D. M. (2013). APLICACIÓN ELECTRÓNICA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA UTILIZANDO UNA ENERGÍA ALTERNATIVA. (Spanish). ELECTRONIC APPLICATION FOR SAVING ELECTRIC POWER USING AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY. (English), 9(2), 234–248. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=94718233&lang=es&site=ehost-live>
3. Solutechnia. (2015). Radiacion solar en las principales ciudades del país. Retrieved from <http://solutechnia.com.co/recursos/radiacion solar principales ciudades Colombia.pdf>
4. Murcia, H. R. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. (Spines). Development of Solar Energy in Colombia and Its Prospects. (English), (28), 83–89. <https://doi.org/ISSN. 0121-4993>
5. Borges, R., Gina, C., Sera, S., & Sera, A. S. (2011). Artículo Original Dimensionado mediante simulación de sistemas de energía solar fotovoltaica aplicados a la electrificación rural. Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España Y Portugal, 14(1), 13–21. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442011000100002&script=sci_arttext
6. A. K., Cadena Monroy, Á. I., & Aristizábal Cardona, A. J. (2015). Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca. Design of Photovoltaic Solar Energy Systems for Residential Users in Chía, Cundinamarca., 5(1), 55–65. <https://doi.org/10.21789/22561498.1019>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7. ESCOBAR MEJIA, A. (2010). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SEGUIDOR SOLAR PARA LA OPTIMIZACIÓN Design and Implementation of a Solar Tracking Prototype for optimize a PV system. *Scientia et Technica*, 16(44), 245–250.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.22517/23447214.1841>

8. Marín, C. E. (2010). Los nuevos paisajes de la energía solar: las centrales termosolares. *Nimbus*, 25–26, 65–91.

9. Camargo, L., Arboleda, M., & Cardona, E. (2013). Producción de energía limpia en Colombia, la base para un crecimiento sostenible. *Publicación XM*, 1–5. Retrieved from
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:PRODUCCI?N+D+E+ENERG?A+LIMPIA+EN+COLOMBIA,+LA+BASE+PARA+UN+CRECIMIENTO+SOSTENIBLE#2>

10. De ingemecánica. (2013). Instalación Solar Fotovoltaica para Vivienda. Recuperado de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

11. Agustin, C., & German, S. (2012). Instalaciones Solares Fotovoltaicas.

12. ICONTEC. (1998). Código Eléctrico Colombiano: NTC 2050. *Código Eléctrico Colombiano*, 847.

13. Muñoz, L. M., Arboleda, C., García, J. G., Vásquez, M., & Valencia, C. (2012). Uso inteligente de la energía eléctrica, 1–10. Retrieved from
https://www.epm.com.co/site/Portals/2/documentos/banco_de_recomendaciones_uso_inteligente_energia_electricamarzo_27.pdf

14. Solutecnia. (2015). Radiacion solar en las principales ciudades del país. Retrieved from http://solutecnia.com.co/recursos/radiacion_solar_principales_ciudades_Colombia.pdf

15. Victron Energy B.V. (n.d.). Inversores Phoenix 12/800, 31(0), 35–36.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

16. Herrera, L., Arango Zuluaga, E. I., Miranda, A., Ramos Paja, C. A., & González Montoya, D. (2013). Dimensionamiento de Sistemas de Generación Fotovoltaicos Localizados en la Ciudad de Medellín. *Tecno Lógicas*, 0(0), 289–301.
17. Solar, Y. (n.d.). YI150(156), 150(23).
18. Manual, O. (n.d.). Unsaveer mppt.
19. Bateria Fullriver_DC115-12_specs.pdf. (n.d.).
20. Cálculo, C. De. (n.d.). Caída de tensión. *Cálculo.*, 5–7.
21. Sam, C. C. C. (n.d.). Índice Compact NSX, 1–40.
22. Fotovoltaicos, C. (n.d.). www.centelsa.com.co.
23. De explora paneles solares.(2015). Sugecion de paneles solares. Recuperado de <https://www.pinterest.com.mx/pin/457326537138484694/>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7. APÉNDICE

Apéndice A. Hoja de cálculo de Excel.

La hoja de cálculo 1 es la inversión propuesta para el diseño de una instalación eléctrica residencial mediante energía solar fotovoltaica.

Estudio de inversión para una instalación eléctrica residencial mediante energía solar fotovoltaica.						
Elemento	Descripcion	Cantidad	Precio Unit	0%	Total	
Panel	150	2	\$ 480.000	\$ 480.000	\$ 960.000	
Inversor	Victron Energy Phoenix Ref. 12/350	1	\$ 1.248,00	\$ 1.248	\$ 1.248	
Bateria	300	2	\$ 1.062.400	\$ 1.062.400	\$ 2.124.800	
Controlador MPPT	15A100V-E	1	\$ 498.000	\$ 498.000	\$ 498.000	
Controlador PWM	N/A		\$ -	\$ -	\$ -	
	Monturas	0,5	\$ 450.000	\$ 450.000	\$ 225.000	
	Instalacion	1	\$ 463.547	\$ -	\$ 463.547	
	Implementos de Instalacion	1	\$ 132.442	\$ -	\$ 132.442	
			0	\$ -	\$ -	
				Sub-Total	\$ 4.405.037	
				IVA	\$ 704.806	
				TOTAL	\$ 5.109.843	
PRECIO KWH EXTRACTO 3 \$	Potencia en paneles Watts	Promedio radiacion solar Horas	kwh/Dia	Dias del mes 30*kwh/Dia	kwh año 12 meses	Dinero ahorrado Anual
490	300	3,7	1,11	33,3	399,6	195804

Hoja de cálculo 1. Cálculo.

Para obtener los resultados necesarios se deben tener los datos “Panel”, “Inversor”, “Batería”, “Tipo de controlador”, “Monturas”, “Instalación” y “Implementos de instalación” en el recuadro verde de la hoja de cálculo; Se llenan automáticamente con los datos de la hoja de cálculo Tabla.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____ Johan Alexander Quintero Correa

_____ Andres Alvarez H

_____ S. Smith
 Entrega 18/08/17
 Correcciones Informe final.

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: 18/08/2017

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FECHA ENTREGA: _____