

DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL CON ENERGÍA SOLAR,
PARA SUMINISTRAR ENERGÍA A LA RED ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR EN YOPAL-CASANARE

PEDROZA ARIAS EDGAR

Código: 91462067

VASQUEZ LOMBANA JONATHAN ALEXANDER

Código: 80853902

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD"
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TECNOLOGÍAS E INGENIERÍAS-ECBTI
PROGRAMA TECNOLOGIA ELECTRONICA
YOPAL-CASANARE
2014

DISEÑO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO RESIDENCIAL CON ENERGÍA SOLAR,
PARA SUMINISTRAR ENERGÍA A LA RED ELÉCTRICA DE UNA VIVIENDA
UNIFAMILIAR EN YOPAL-CASANARE

PEDROZA ARIAS EDGAR
Código: 91462067
VASQUEZ LOMBANA JONATHAN ALEXANDER
Código: 80853902

Trabajo de grado como requisito para optar el título de Profesional en
TECNOLOGIA ELECTRONICA

JOHN JAIRO CORREA GARCÉS
INGENIERO ELECTRICISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA -UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS TEGNOLOGIAS E INGENIERÍAS-ECBTI
PROGRAMA TECNOLOGIA ELECTRONICA
YOPAL-CASANARE
2014

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Casanare- Yopal, Mayo de 2014

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	3
LISTAS DE FIGURAS	4
LISTA DE FOTOGRAFIAS.....	5
INTRODUCCION.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
OBJETIVOS.....	5
2. Objetivos específicos.....	5
JUSTIFICACIÓN	6
MARCO REFERENCIAL	7
3. MARCO TEÓRICO.....	7
4. Historia.....	7
5. Espejos de Arquímedes en Siracusa	8
6. Donde se crea la energía solar.	10
7. Como se produce la energía solar.	10
8. De qué manera convertimos la energía solar en energía útil para su uso cotidiano.	10
9. En que beneficia la energía solar al medio ambiente y a la economía.	11
MARCO LEGAL.....	12
DISEÑO METODOLÓGICO.....	15
10. TIPO DE INVESTIGACIÓN	15
11. FUENTES Y TECNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
DISEÑO DEL PROYECTO	16
12. ¿COMO FUNCIONA?.....	16
13. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES	16
14. ESQUEMA.....	17
15. ELECTRODOMESTICOS Y CONSUMOS DE UN HOGAR PROMEDIO.....	18
16. CALCULOS.....	18
1.1. Nomenclatura:	18
1.2. Inversor:	19
1.3. Generador fotovoltaico:.....	19
1.4. Consumo:	19

17.	DIMENSIONAMIENTO.....	19
18.	ANÁLISIS DE POTENCIA.....	20
19.	INCIDENCIA SOLAR PROMEDIO SOBRE YOPAL CASANARE	20
20.	Radiación solar Mensual	20
21.	ANGULO Y DIRECCION PARA LA INSTALACION DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS	21
EMISIONES CO ₂ eq.....		28
22.	Cálculo de las emisiones del sistema interconectado nacional (SIN).....	28
23.	Emisión de CO ₂ eq por tipo de combustible	29
ANÁLISIS ECONOMICO DEL PROYECTO		32
24.	EQUIPOS.....	32
25.	Costo Total del Proyecto	33
26.	Análisis de Costo total del proyecto	33
27.	ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO	33
28.	FLUJO DEL PROYECTO.....	34
GLOSARIO DE TERMINOS		38
CONCLUSIONES		39
BIBLIOGRAFIA.....		40
ANEXOS.....		41

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 CONSUMOS HOGAR.....	18
TABLA 2 HORAS SOL DÍA	20
TABLA 3: RADIACIÓN SOLAR.....	20
TABLA 4 RADIACION MENSUAL EN YOPAL CASANARE	21
TABLA 5: FACTORES DE CORRECCIÓN POR INCLINACIÓN DEL PANEL PARA UNA LATITUD DE 5º.....	22
TABLA 6 RADIACIÓN SOLAR DIARIA PROMEDIO PARA LA CIUDAD DE YOPAL SEGÚN INCLINACION DEL PANEL SOLAR	22
TABLA 7 <i>ESPECIFICACIONES MÓDULOS FOTOVOLTAICOS</i>	23
TABLA 8 <i>ESPECIFICACIONES INVERSOR</i>	25
TABLA 9 ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA SEGÚN RADIACIÓN REPORTADA POR EL IDEAM	26
TABLA 10 EFICIENCIA DE LOS MÓDULOS MENSUAL	27
TABLA 11 GENERACION ELECTRICA POR TIPO DE TECNOLOGIA	28
TABLA 12 EMISIONES.....	30
TABLA 13- COMPARACIÓN EMISIONES DE Co2 SFV Y SIN	31
TABLA 14: COSTOS DE EQUIPOS	32
TABLA 15: GASTOS DIRECTOS DE MONTAJE	33
TABLA 16: COSTO TOTAL DEL PROYECTO.....	33
TABLA 17 ANALISIS DE RESULTADO 1.1.....	35
TABLA 18ANÁLISIS DE RESULTADO 1.2	35
TABLA 19ANÁLISIS DE RESULTADO 1.3	36
TABLA 20ANÁLISIS DE RESULTADO 1.4	36

LISTAS DE FIGURAS

FIGURA 1: DIAGRAMA DE CONEXIONES.....	16
FIGURA 2: ESQUEMA GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO	17
FIGURA 3 PERFIL DEL MODULO FUENTE:	21
FIGURA 4 RENDIMIENTO DE PANEL SOLAR INCLINACION	23
FIGURA 5 EMISION POR TIPO DE COMBUSTIBLE.....	29

LISTA DE FOTOGRAFIAS

ILUSTRACIÓN 1: ESPEJOS DE ARQUÍMEDES EN SIRACUSA.....	7
ILUSTRACIÓN 2: MECANISMO CON 168 PIEZAS DE CRISTAL DISEÑADO POR BUFFON	8
ILUSTRACIÓN 3: REFLECTOR PARABÓLICO DE MAADI	9

INTRODUCCION

La energía solar es una fuente ilimitada de energía natural que tiene importantes propiedades y ventajas sobre muchas otras formas de energía, pero para poder obtener su entero aprovechamiento también presenta varias dificultades.

Por esta razón, es imprescindible hacer mención de ello para tener una idea profunda de lo que acontece. Ahora bien, lo más importante de esta energía pura y que se puede destacar como una gran ventaja, es que principalmente es de naturaleza inagotable, renovable y de utilización libre. Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia a la hora de su recolección a causa de la tecnología actual, por esta razón, esto se podría tomar como un obstáculo o limitación.

Para ilustrar mejor lo anterior, cabe resaltar y tener en cuenta además de sus ventajas, sus dificultades, las cuales conllevan a la necesidad de transformar esta energía natural en otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso.

A primera vista, podemos encontrar una gran dificultad siendo la más común en su análisis, y a la que denominamos como "*baja densidad de potencia*", puesto que ésta se encuentra en una fuente muy extensa y lejana, lo que hace que pierda fuerza y poder en la trayectoria que toma hasta nuestro encuentro. Por esta razón, para poder obtener una mayor potencia, se necesita una mayor extensión de equipos de conversión, y esto es lo que acarrea muchos gastos de recursos económicos que requieren de una gran inversión.

En ese orden de ideas, vemos que precisamente es la ingeniería solar quien se ocupa de asegurar el suministro confiable de energía para el usuario, ya que es ésta la que se encarga de su manejo antes y después de su respectivo proceso al ser obtenida y pasar por todas las dificultades que se encuentran.

Claro que esto no lo explica todo, simplemente se ilustra a grandes rasgos lo que se encarga de hacer la ingeniería solar en este tema tan inmenso. Por esto, conviene distinguir y tener en cuenta las características de todo su entorno para poder desarrollar así, diferentes aplicaciones, tales como la generación de electricidad a pequeña escala, secado solar de productos agrícolas, destilación solar de agua de mar, entre muchas otras que no terminaría de exponer, y como las últimas nombradas, son menos difundidas, de menor auge y popularidad, así como ellas hay infinitudes, dependiendo su uso, necesidad y aceptación al emplearlas.

Basándose en todos estos procesos, es oportuno señalar que éste proyecto se enfoca principalmente en la energía solar y en cómo poder inyectar directamente esta energía a la red eléctrica, para así evitar el almacenamiento en baterías que requieren gran espacio para la instalación de estas, incrementando su costo significativamente, sin sacar a relucir el impacto ambiental y la contaminación que generan al ser desechadas. Es debido a todo esto, y observando la necesidad del siglo XXI de encontrar alternativas de energía, que el proyecto pretende demostrar lo viable, confiable y eficiente de un sistema de paneles solares en un hogar común en Colombia y el resto de mundo, ya que este problema es a nivel general y nadie está exento de sus consecuencias.

Por esta razón, hemos encontrado esta pequeña solución, no general, sino puntual, donde se puede aportar un granito de arena a algo tan importante e imprescindible. Con esto en mente podemos aclarar que para desarrollar este proyecto, se implementa un sistema conformado con paneles solares, cables e inversores.

Dicho sistema tiene un funcionamiento que no es muy complicado entender, donde los paneles solares reciben durante el día la los rayos solares y estos son transformados a un voltaje continuo ya sea de 12 voltios o 24 voltios, que luego pasara a través de un inversor de voltaje, el cual se encarga de elevar el voltaje a 208-120V a una frecuencia de 60 Hz (frecuencia de Colombia), y por medio de un sistema de acople es que luego se suministra energía a la red eléctrica del hogar; de esta manera, el sistema de recolección solar enviará la energía directamente a la red eléctrica, permitiendo el auto consumo de la producción y reduciendo significativamente los costos de electricidad del hogar.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A través del tiempo el hombre ha utilizado para su subsistencia la energía eléctrica, la cual ha tenido un papel importante en el desarrollo de la sociedad permitiendo el avance de la tecnología en la vida moderna, ofreciendo equipos más modernos destinados al entretenimiento y comodidades, demandando mayor cantidad de energía como por ejemplo los electrodomésticos y aires acondicionados que cada día son más necesarios para facilitar las labores diarias. En los últimos años el consumo de energía ha aumentado considerablemente ya que se vive en una sociedad creciente y altamente tecnificada donde se busca la comodidad, sin detenerse a pensar en el uso eficiente de la energía eléctrica.

En Colombia el consumo de energía eléctrica ha aumentado. De acuerdo con un estudio de la empresa XM, filial de la estatal Interconexión Eléctrica S.A (ISA), entre julio de 2011 y junio de 2012 la demanda de energía eléctrica creció 3,1 por ciento, mientras que en los primeros seis meses de 2012 registró un crecimiento de 2,7 por ciento.¹

El problema es el gasto excesivo y poco responsable de la misma, lo cual ha generado una cantidad de estrategias y campañas para que la población disminuya el consumo y así sus costos se reduzcan ya que las tarifas aumentan cada día, pero todo ello ha tenido pocos resultados. La despreocupación que se tiene sobre el problema, la falta de mantenimiento y uso adecuado de la energía hace necesario que se piense en otras alternativas para el ahorro de la energía en las viviendas.

El proyecto pretende realizar una investigación para la implementación de un sistema fotovoltaico que permita reducir los costos de consumo de energía eléctrica en un hogar común, asumiendo la aprobación de la ley 96 del 2012 la cual pretende

¹ Semana Sostenible. Abuso de energía eléctrica causa daños al medio ambiente. Disponible en; <http://sostenibilidad.semana.com/actualidad/articulo/abuso-energia-electrica-causa-danos-medio-ambiente/28974>. Consultado mayo 15 de 2013.

definir mecanismos y normalizar la venta de energía alternativa producida por un particular para ser inyectada a la red eléctrica nacional.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño e implementación de un sistema (esquema) de generación eléctrico residencial, que permita inyectar la energía solar recolectada directamente a la red eléctrica de una vivienda. ¿Disminuirá los costos de consumo de energía eléctrica?

OBJETIVOS

Diseñar un sistema (esquema) de generación eléctrico residencial, eficiente, confiable y viable que permita inyectar la energía solar recolectada directamente a la red eléctrica de una vivienda común.

2. Objetivos específicos

- Identificar los consumos de electricidad de un hogar.
- Realizar el diseño técnico para la implementación del proyecto.
- Elaborar un presupuesto de los costos que tendría un sistema de estas características.

JUSTIFICACIÓN

La investigación busca, mediante la aplicación de las teorías y conceptos sobre energía eléctrica y solar, buscar alternativas que permitan que con la utilización de energías alternativas como la solar ya que estas son inagotables, se pueda inyectar directamente a la red eléctrica permitiendo de esta manera el ahorro de energía eléctrica disminuyendo consumos y por ende las tarifas.

Para lograr los objetivos se utilizará un inversor de red que es un sistema electrónico que realiza la conversión del voltaje suministrado por los paneles solares y lo convierte a 208VAC - 120VAC para ser aprovechados en la vivienda común.

La investigación aportará una solución en ahorro de energía a la población y puede servir como documento de consulta para otros proyectos similares y a los autores del proyecto ser la herramienta que les permita graduarse como tecnólogos en electrónica.

MARCO REFERENCIAL

3. MARCO TEÓRICO

4. Historia²

Es interesante echar la vista atrás y comprobar cómo ha sido utilizada la energía del sol en el pasado. Hasta llegar a las placas solares repletas de sensores que conocemos a día de hoy se ha pasado por muchas fases y diseños de lo más dispares buscando siempre aprovechar la gran cantidad de energía que el astro rey aporta cada día a nuestro planeta.

La primera referencia histórica que se puede encontrar al uso de la energía solar se encuentra en la antigua Grecia con Arquímedes. Durante la batalla de Siracusa en el siglo III a.C. que enfrentó a los romanos y los griegos, algunos escritos relatan cómo Arquímedes utilizó unos espejos hexagonales hechos de bronce para reflejar los rayos solares concentrándolos en la flota romana con el objetivo de destruirla.

Ilustración 1: Espejos de Arquímedes en Siracusa



² <http://recuerdosdepandora.com/historia/inventos/historia-de-la-energia-solar/>

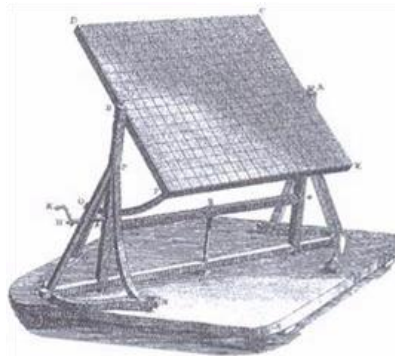
5. Espejos de Arquímedes en Siracusa³

Muchos siglos más tarde, Leonardo da Vinci también pensó en el uso del sol. En el año 1515 comenzó un de sus muchos proyectos, aunque este sería uno de los que nunca llegaría a acabar. Su idea era construir un concentrador de 6 kilómetros de diámetro a base de espejos cóncavos para la producción de vapor y calor industrial.

A mediados del siglo XVIII, Georges-Louis Leclerc, conde de Buffon, fascinado por los relatos de la guerra de Siracusa y los espejos de Arquímedes, siguió investigando en ese mismo campo. Para comenzar, utilizó 24 cristales de gafas con los que se percató de que fácilmente podía conseguir un fuego a 20 metros de distancia encendiendo un combustible mezcla de brea y polvo de carbón.

Entonces decidió construir un aparato más ambicioso en el que unió 168 piezas de cristal 15 de lado, desplazando su objetivo a 50 metros consiguiendo de nuevo su objetivo. Tras ello, creó su concentrador de energía solar definitivo con 360 piezas de cristal de 20 centímetros. Experimentando con ello se percató de que si concentraba 120 de los cristales en un combustible a 6 metros de distancia, este ardía inmediatamente. A esa misma distancia, con 45 espejos podía fundir una tinaja de arcilla y con 117 cristales podía fundir una viruta de plata.

Ilustración 2: Mecanismo con 168 piezas de cristal diseñado por Buffon

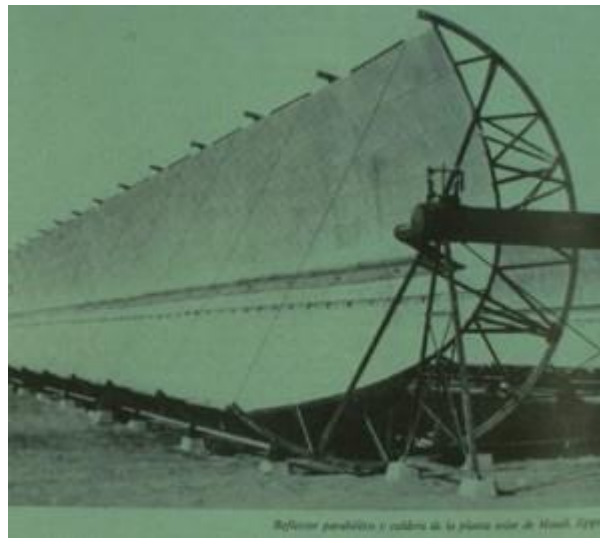


³ <http://recuerdosdepandora.com/wp-content/uploads/2010/04/espejos-arquimedes-siracusa-300x276.jpg>

Pero si hay alguien que realmente fue importante para el avance de la energía solar, ese fue Augustin Mouchot, desarrollando en el año 1868 los primeros sensores solares. Tras ello, serían muchos los que seguirían sus pasos, siendo especialmente destacables John Ericsson, que en 1870 diseñó un colector parabólico que se ha seguido usando durante más de 100 años, y Aubrey Eneas, quien fundó la primera empresa de energía solar en 1900, The Solar Motor Co.

Pero ninguno de todos los personajes de la historia de la energía solar fue tan ambicioso como Frank Schuman. Schuman fundó en 1911 su empresa Sun Power Co, creando su primera planta solar en Tancony, Estados Unidos, en 1911, generando un total de 20kW. Tras ello, abrió su siguiente planta solar en Maadi, Egipto, en 1912, consiguiendo generar 88kW.

Ilustración 3: Reflector parabólico de Maadi



Pero su ambición no tenía límites, por lo que luchó por conseguir una planta solar capaz de generar toda la energía consumida por el mundo entero. Para ello, planteó construir en el Sahara 52.600 kilómetros cuadrados de colectores solares para producir 198MW, lo que hubiera sido el equivalente al consumo de energía mundial en 1909.

Schuman llegó a conseguir una subvención de 200.000 dólares para comenzar con su proyecto, pero el comienzo de la primera guerra mundial cambió todo. Sus planes fueron paralizados automáticamente y todos los trabajadores de la planta solar de Maadi regresaron a Alemania para combatir del lado de Alemania. Schuman murió durante el transcurso de la guerra, y al final de ella, con la derrota de Alemania y la pérdida de todas las colonias africanas, el proyecto cayó en el olvido

6. Donde se crea la energía solar.

La energía solar se crea en el interior del Sol, donde la temperatura llega a los 15 millones de grados, con una presión altísima, que provoca reacciones nucleares. Se liberan protones (núcleos de hidrógeno), que se funden en grupos de cuatro para formar partículas alfa (núcleos de helio).

Cada partícula alfa pesa menos que los cuatro protones juntos. La diferencia se expulsa hacia la superficie del Sol en forma de energía. Un gramo de materia solar libera tanta energía como la combustión de 2,5 millones de litros de gasolina.

La energía generada en el centro del Sol tarda un millón de años para alcanzar la superficie solar. Cada segundo se convierten 700 millones de toneladas de hidrógeno en cenizas de helio. En el proceso se liberan 5 millones de toneladas de energía pura; por lo cual, el Sol cada vez se vuelve más ligero.

7. Como se produce la energía solar.

La recolección directa de energía solar requiere dispositivos artificiales llamados colectores solares, diseñados para recoger energía. La energía, una vez recogida, se emplea en procesos térmicos o fotoeléctricos, o fotovoltaicos. En los procesos térmicos, la energía solar se utiliza para calentar un gas o un líquido que luego se almacena o se distribuye. En los procesos fotovoltaicos, la energía solar se convierte en energía eléctrica sin ningún dispositivo mecánico intermedio. Los colectores solares pueden ser de dos tipos principales: los de placa plana y los de concentración.

8. De qué manera convertimos la energía solar en energía útil para su uso cotidiano.

Esta energía renovable se usa principalmente para dos cosas, aunque no son las únicas; primero para calentar (como comida o agua), conocida como energía solar

térmica, y la segunda para generar electricidad, conocida como energía solar fotovoltaica.

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

Para generar la electricidad se usan las células solares, las cuales son el alma de lo que se conoce como paneles solares, las cuales son las encargadas de transformarla en energía eléctrica.

9. En que beneficia la energía solar al medio ambiente y a la economía.

La energía solar, además de ser renovable y no contaminar el Medio Ambiente, es una energía muy abundante en el mundo. Su utilización contribuye a reducir el efecto invernadero producido por las emisiones de CO₂ a la atmósfera, así como el cambio climático provocado por el efecto invernadero. Además, con su difusión y promoción todos colaboramos a que en el futuro se aproveche también el Sol en otras casas y edificios.

No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia de gas y petróleo comprado en el exterior, o de otras energías agotables.

MARCO LEGAL

Ley 697 de Octubre 3 del 2001

Reglamentada por el Decreto Nacional 3683 de 2003

Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.

El Congreso de Colombia

DECRETA:

Artículo 1°. Declárase el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

Artículo 2°. El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

Artículo 3°. Definiciones. Para efectos de interpretar y aplicar la presente ley se entiende por⁴

Sin embargo el Colombia no hay leyes específicas o regulación sobre la inyección de energía alternativa residencial, debido a un tema nuevo y que países como Chile en la actualidad se encuentran debatiendo las normas para la producción de energía

⁴ <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>

residencial, se espera que en Colombia se normalice también este aspecto y así dar viabilidad y masificación al proyecto de inyección fotovoltaica a la red nacional.

PROYECTO DE LEY NÚMERO 096 DE 2012 CÁMARA⁵

Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no Convencionales.

Autores: H.S. - FELIX JOSE VALERA IBAÑEZ, H.S. - JOSE DAVID NAME CARDOZO, H.S. - LUAN LOZANO RAMIREZ, H.S. - MANUEL GUILLERMO MORA, H.S. – MARITZA MARTINEZ ARISTIZABAL, H.S. - MILTON RODRIGUEZ SARMIENTO, H.S. – NORA MARIA GARCIA BURGOS

Ponentes:

H.R. CLAUDIA MARCELA AMAYA GARCIA.
H.R. JAIRO HINESTROZA SINISTERRA.

Gaceta: 864 de 2012.

Estado: Aprobado en segundo debate en plenaria de la Cámara el 18 de junio de 2013.

Hace tránsito al Senado de la República.

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1°. Objeto. La presente ley tiene por objeto la promoción del desarrollo y utilización en el mercado energético colombiano de la energía procedente de fuentes renovables no convencionales como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero del sector de la generación eléctrica la confiabilidad del abastecimiento energético; y el establecimiento de un régimen jurídico y económico de la actividad de

⁵ Proyecto de ley número 096 de 2012 cámara

generación y comercialización de energía eléctrica a través de las fuentes renovables no convencionales.

Artículo 2°. Finalidad de la ley. Tiene por objeto establecer los instrumentos y las estrategias que regulen el aprovechamiento de las energías renovables no convencionales, el ahorro energético y la promoción para la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para generar electricidad. Dichos objetivos constituirán la base de los planes para el ahorro, la eficiencia energética y para el desarrollo de las energías renovables no convencionales.

DISEÑO METODOLÓGICO

10. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo experimental, ya que se pretende demostrar mediante la aplicación de un sistema electrónico que realiza la conversión del voltaje suministrado por los paneles solares y lo convierte a 120VAC para ser aprovechados en la vivienda común y así reducir los costos de consumo y generar un ahorro.

11. FUENTES Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Para llevar a cabo la investigación se utilizaron fuentes secundarias (*ver bibliografía*) es decir la consulta a diferentes fuentes de información escritas como textos encontrados en internet.

DISEÑO DEL PROYECTO

12. ¿COMO FUNCIONA?

La corriente generada en los paneles solares pasa directamente a un inversor para transformar la corriente continua en corriente alterna. Esta corriente suministrará las necesidades energéticas de la vivienda. Hoy en día, el excedente de energía que vertemos a la red no nos genera ningún beneficio ya que Colombia no cuenta con reglamentación respecto al tema. Es más, si no contamos con un contador inteligente, las compañías eléctricas nos podrán cobrar no solo la energía que adquirimos de la red, sino también la que nosotros inyectamos por ser excedente.

Sin embargo debido a que se tramita en el senado una legislación para que un hogar común pueda inyectar y vender energía a la red eléctrica nacional, se decide enfocar este proyecto como si Colombia ya contara con leyes definidas para la compra de energía alternativa.

13. DIAGRAMA GENERAL DE CONEXIONES

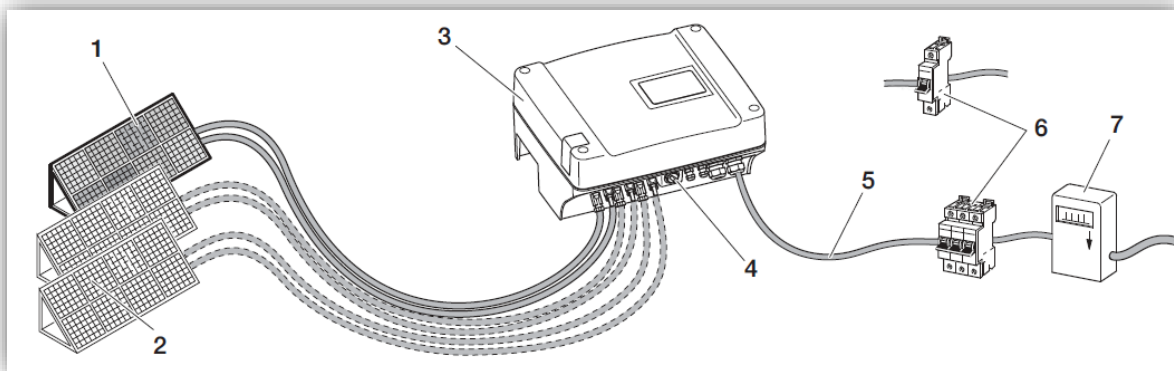


Figura 1: Diagrama de conexiones

1. Panel solar: (Facilita la conexión de paneles a futuro para aumentar la producción)
2. Panel solar: (Paneles extras para futura ampliación de la potencia del proyecto)
3. Inversor de conexión a red
4. Conexión de datos (opcional para monitoreo del sistema)
5. Cableado eléctrico
6. Protección eléctrica
7. Tablero de distribución de la residencia.

14. ESQUEMA

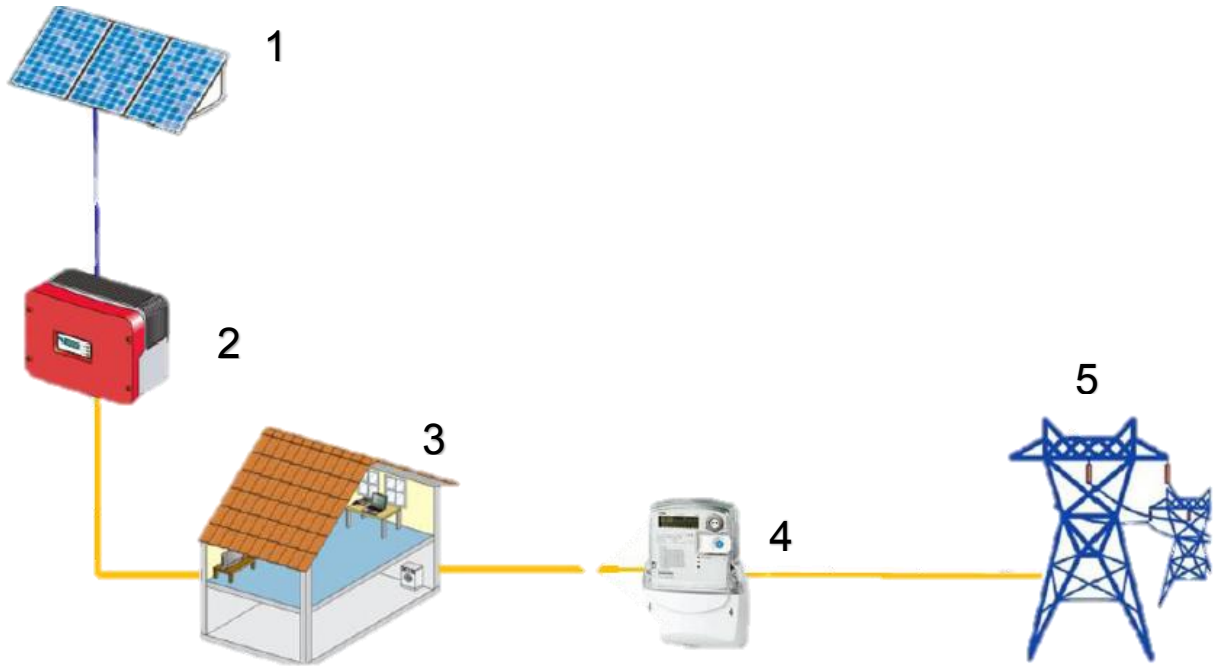


Figura 2: Esquema general del funcionamiento

1. Modulo Fotovoltaico
2. Inversor
3. Vivienda
4. Transformador
5. Red nacional de distribución eléctrica.

- Modulo Fotovoltaico (1), es el encargado de transformar la energía solar, en voltaje DC en voltajes 12VDC o 24VDC que es enviado al Inversor a red (2) Sistema electrónico que realiza la conversión del voltaje suministrado por los paneles solares y lo convierte a 208VAC - 120VAC con una frecuencia 60Hz para ser aprovechados en la vivienda(3), el exceso de producción de electricidad pasa por el contador bidireccional(4) que registra la energía que es inyectada a la red nacional de distribución eléctrica(5).

15. ELECTRODOMESTICOS Y CONSUMOS DE UN HOGAR PROMEDIO

Tabla 1 Consumos hogar

Electrodoméstico	Potencia AC KW	Uso Diario Horas	Cantidad	Consumo	
				Diario KWh	Mensual KWh
Nevera 220 lt	0,30	5,5	1	1,65	49,50
Plancha	1,20	0,4	1	0,48	14,40
Lavadora 9,5 Kg.	0,43	0,5	1	0,22	6,45
Licuadaora 1,4 lt.	0,45	0,2	1	0,09	2,70
Electrobomba 1/4 HP	0,20	0,3	1	0,06	1,80
Ventilador	0,06	8	2	0,96	28,80
TV LCD 42"	0,10	4	1	0,40	12,00
DVD	0,02	0,3	1	0,01	0,18
Minicomponente	0,05	5	1	0,25	7,50
Computador	0,15	4	1	0,60	18,00
Bombillo CFL	0,02	1,6	8	0,26	7,68
Total	2,98			4,97	149,01

16. CALCULOS

1.1. Nomenclatura:

GCEM: Irradiancia en condiciones estándar de medida (1 KW / m²).

Gam (0): Valor medio anual de la radiación diaria sobre superficie horizontal (KWh / m²).

Gdm (α, β): Valor medio anual de radiación diaria sobre superficie con cualquier posición (KWh/m²).

PR: Rendimiento energético de la instalación (Performance Ratio).

α : Ángulo de acimut ($^{\circ}$).

β : Ángulo de inclinación ($^{\circ}$).

f: Latitud del lugar ($^{\circ}$).

k: Factor de corrección para superficie inclinada.

PR Rendimiento energético de la instalación

1.2. Inversor:

PINV: Potencia nominal del inversor.

VIN, INV: Tensión DC de entrada del inversor.

VOUT, INV: Tensión AC de salida del inversor, onda senoidal pura.

fr: Frecuencia de salida del inversor.

inv: Eficiencia del inversor.

1.3. Generador fotovoltaico:

IG: Corriente producida por el generador fotovoltaico (A).

IM, MOD: Corriente de los módulos en el punto de máxima potencia (A).

ISC, MOD: Corriente de cortocircuito de los módulos (A).

NP: Número de ramas en paralelo.

NS: Número de módulos FV en serie.

NT: Número total de módulos fotovoltaicos.

VM, MOD: Tensión de los módulos en el punto de máxima potencia (V).

VOC, MOD: Tensión de circuito abierto de los módulos (V).

PM, MOD: Potencia pico del módulo (KWp).

1.4. Consumo:

VAC: Voltaje eficaz de trabajo de los equipos de corriente alterna (V).

IC: Corriente que consumen las cargas (A).

Lda: Media anual de consumo diario (KWh).

Lda,AC: Media anual de consumo diario en AC (KW·h).

17. DIMENSIONAMIENTO

Determinamos que el consumo mensual es de 150KWh en promedio para un hogar común.

Teniendo en cuenta que para el análisis del presente proyecto se asume que Colombia cuenta con normatividad para la venta de energía producida de manera alternativa en un hogar común.

Por lo tanto calcularemos una instalación fotovoltaica de 150KWh/mes

18. ANALISIS DE POTENCIA

Estudiaremos el diseño de la instalación fotovoltaica comprobando como influyen el rendimiento, la rentabilidad y el medio ambiente los principales parámetros energéticos que se obtienen en el emplazamiento elegido.

19. INCIDENCIA SOLAR PROMEDIO SOBRE YOPAL CASANARE

HORAS SOL DIA

Yopal- Casanare⁶

Tabla 2 Horas sol día

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
7-8	6-7	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	5-6	5-6	5-6	7-8

Promedio= 5-6 Horas

20. Radiación solar Mensual

Yopal- Casanare⁷

Tabla 3: Radiación solar

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
4,5	5	4,5	4	4	3,5	4,5	4	4,5	4	3,5	4
5	5,5	5	4,5	4,5	4	5	4,5	5	4,5	4	5

Promedio 4 - 4,5 KWh/m²

⁶ Datos obtenidos del Atlas solar IDEAM 2006

⁷ Datos obtenidos del Atlas solar IDEAM 2006

21. ANGULO Y DIRECCION PARA LA INSTALACION DE LOS MODULOS FOTOVOLTAICOS

Los ángulos de azimut para efectos del presente proyecto nos permiten determinar la incidencia de la radiación solar sobre los módulos fotovoltaicos, teniendo en cuenta que nuestro país se encuentra en una latitud de 0° decimos.

Los ángulos de azimut óptimo y la latitud del lugar son:

Angulo óptimo hacia el sur = $\beta_{opt} = 0^\circ$
(Yopal) = 0°

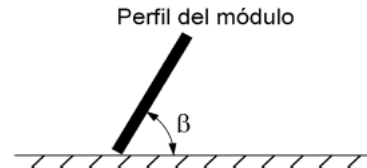


Figura 3 Perfil del modulo Fuente: ⁸

De acuerdo al Atlas de Radiación Solar de Colombia para la ciudad de Yopal la radiación está dada por:

Tabla 4 Radiación mensual en Yopal Casanare

MES	Radiación Yopal
Enero	5,0
Febrero	5,0
Marzo	4,8
Abril	4,4
Mayo	4,2
Junio	4,0
Julio	4,5
Agosto	4,2
Septiembre	4,6
Octubre	4,1
Noviembre	3,9
Diciembre	4,3
Media Anual	4,4

Valor medio anual de la radiación diaria sobre superficie horizontal (KWh / m²):

G_{am} (0): 4,4 KWh/m²/día

⁸ <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>

La siguiente tabla muestra el factor de corrección dependiendo del ángulo de instalación del módulo.

Tabla 5: factores de corrección por inclinación del panel para una latitud de 5°

Factor de Corrección K de acuerdo a la inclinación para una Latitud de 5°																			
MES	INCLINACIÓN																		
	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
Enero	1	1,02	1,04	1,06	1,06	1,06	1,05	1,04	1,02	0,99	0,96	0,92	0,87	0,82	0,77	0,71	0,65	0,58	0,51
Febrero	1	1,02	1,02	1,03	1,02	1,01	1	0,97	0,94	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,66	0,59	0,53	0,46	0,39
Marzo	1	1	1	0,99	0,97	0,95	0,92	0,88	0,84	0,79	0,74	0,68	0,62	0,56	0,49	0,42	0,35	0,28	0,2
Abril	1	0,99	0,97	0,94	0,91	0,87	0,83	0,78	0,72	0,66	0,6	0,53	0,46	0,39	0,31	0,23	0,16	0,12	0,11
Mayo	1	0,97	0,94	0,9	0,86	0,81	0,75	0,69	0,62	0,55	0,48	0,4	0,33	0,25	0,16	0,12	0,11	0,1	0,1
Junio	1	0,97	0,93	0,89	0,84	0,78	0,72	0,65	0,58	0,51	0,43	0,35	0,27	0,18	0,12	0,11	0,1	0,09	0,09
Julio	1	0,97	0,94	0,9	0,85	0,8	0,74	0,68	0,61	0,54	0,47	0,39	0,31	0,23	0,15	0,1	0,1	0,09	0,08
Agosto	1	0,99	0,97	0,94	0,9	0,86	0,82	0,77	0,71	0,65	0,58	0,51	0,44	0,36	0,28	0,21	0,13	0,09	0,08
Septiembre	1	1	1	0,99	0,97	0,95	0,91	0,88	0,83	0,78	0,73	0,67	0,61	0,54	0,47	0,4	0,32	0,24	0,16
Octubre	1	1,02	1,03	1,04	1,03	1,02	1,01	0,98	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78	0,72	0,66	0,59	0,52	0,44	0,37
Noviembre	1	1,03	1,05	1,07	1,07	1,08	1,07	1,06	1,04	1,01	0,98	0,94	0,89	0,84	0,79	0,72	0,66	0,59	0,52
Diciembre	1	1,03	1,05	1,07	1,08	1,08	1,08	1,07	1,05	1,03	1	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76	0,7	0,63	0,56

La siguiente tabla muestra la incidencia de radiación solar sobre la superficie del módulo mes a mes dependiendo de la inclinación del módulo en KWh/m².

Tabla 6 RADIACIÓN SOLAR DIARIA PROMEDIO PARA LA CIUDAD DE YOPAL SEGÚN INCLINACION DEL PANEL SOLAR

MES	G(0°)	G(5°)	G(10°)	G(15°)	G(20°)	G(25°)	G(30°)	G(35°)	G(40°)	G(45°)	G(50°)	G(55°)	G(60°)	G(65°)	G(70°)	G(75°)	G(80°)	G(85°)	G(90°)
Enero	5,0	5,1	5,2	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2	5,1	5,0	4,8	4,6	4,4	4,1	3,9	3,6	3,3	2,9	2,6
Febrero	5,0	5,1	5,1	5,2	5,1	5,1	5,0	4,9	4,7	4,6	4,4	4,1	3,9	3,6	3,3	3,0	2,7	2,3	2,0
Marzo	4,8	4,8	4,8	4,8	4,7	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,3	3,0	2,7	2,4	2,0	1,7	1,3	1,0
Abril	4,4	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8	3,7	3,4	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5
Mayo	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,4	3,2	2,9	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4
Junio	4,0	3,9	3,7	3,6	3,4	3,1	2,9	2,6	2,3	2,0	1,7	1,4	1,1	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Julio	4,5	4,4	4,2	4,1	3,8	3,6	3,3	3,1	2,7	2,4	2,1	1,8	1,4	1,0	0,7	0,5	0,5	0,4	0,4
Agosto	4,2	4,2	4,1	3,9	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5	0,4	0,3
Septiembre	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4	3,1	2,8	2,5	2,2	1,8	1,5	1,1	0,7
Octubre	4,1	4,2	4,2	4,3	4,2	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,4	2,1	1,8	1,5
Noviembre	3,9	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	3,9	3,8	3,7	3,5	3,3	3,1	2,8	2,6	2,3	2,0
Diciembre	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,4	4,3	4,1	4,0	3,7	3,5	3,3	3,0	2,7	2,4
Anual	4,4	4,4	4,4	4,4	4,3	4,2	4,0	3,9	3,7	3,5	3,2	3,0	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2

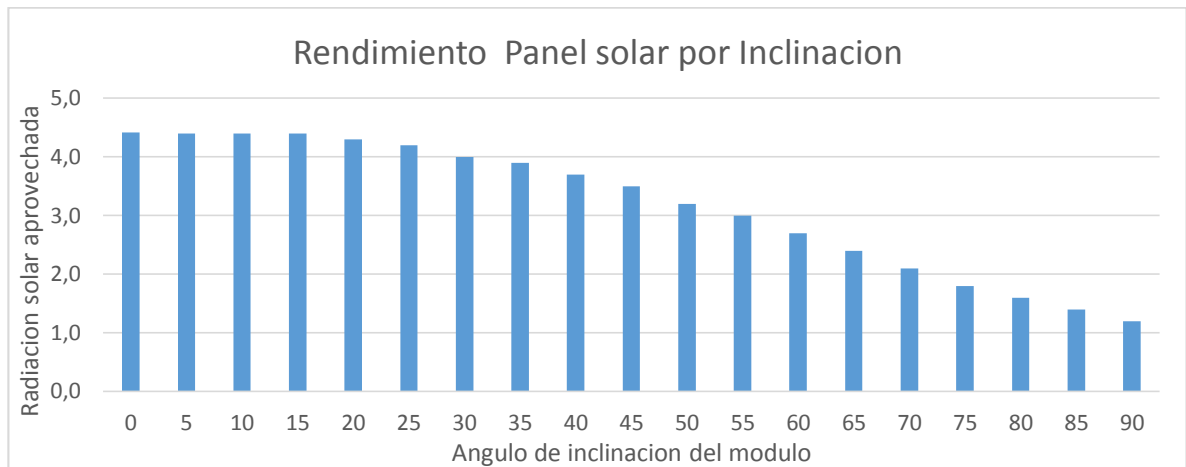


Figura 4 Rendimiento de panel solar inclinación

La inclinación óptima del módulo está entre 0° y 15°, pero para efectos de que el módulo no adquiera tanta suciedad y se auto-limpie con la lluvia, se deja la mayor inclinación:

$$\beta = 15^\circ$$

Por lo tanto el sistema se dimensionará con la radiación diaria promedio anual para Yopal con un ángulo de inclinación de instalación de los paneles fotovoltaicos de 15°.

$$G_{dm}(0, \beta) = G_{dm}(0, 15^\circ) = 4,4 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2 - \text{día}}$$

Se selecciona un módulo con los siguientes parámetros:

Tabla 7 Especificaciones Módulos Fotovoltaicos

Marca	ISOFOTON	
Modelo	ISF-250 BLACK	
GCEM	1	KW/m2
PM,MOD	0,25	KW
VM,MOD	30,6	V
VOC,MOD	37,8	V
IM,MOD	8,17	A
ISC,MOD	8,75	A
MOD	15,1%	

El rendimiento energético de la instalación (PR) tiene en cuenta las pérdidas debidas a:

Temperatura de las células
Dispersión de parámetros (variación climática) y suciedad de los paneles
Errores en el seguimiento del punto de máxima potencia
Eficiencia energética del inversor
Pérdidas en los conductores

Los valores típicos de PR son:

Para Instalaciones con batería e inversor: PR = 0,6
Para instalaciones sin batería y con inversor: PR = 0.7

Para el Sistema Fotovoltaico propuesto en el presente proyecto se selecciona:

$$PR = 0,7$$

Nota: En el proyecto no se consideran baterías para almacenamiento de energía.

El número total de paneles del Sistema Fotovoltaico es:

$$NT = Lda * GCEM / (PM, MOD * Gdm(0,15^\circ) * PR)$$

$$Lda = Lda, AC / \eta_{inv}$$

$$NT = \frac{5 \frac{KWh}{día} * 1 KW/m^2}{0,97} = 6,69$$
$$0,25 KW * 4,4 \frac{KWh}{m^2 - día} * 0,7$$

$$NT = 7 \text{ módulos}$$

Para seleccionar la potencia nominal del inversor se considera que toda la carga AC no va a estar conectada al mismo tiempo, por lo tanto se aplica un factor de funcionamiento de tal forma que se evite sobredimensionarlo, para que este trabaje en la zona de mejor rendimiento.

$$P_{INV} = PAC * Ff$$

Los valores típicos del factor de funcionamiento de un inversor oscilan entre 0,6 y 1, Para la instalación analizada se selecciona:

$$Ff = 0,65 \quad PAC = 2,98$$

$$P_{INV} = 1,93KW$$

Se selecciona un inversor integrado a la red de 2 KW, coordinando la tensión de entrada DC con la tensión de salida DC de los módulos fotovoltaicos. La tensión de salida del inversor es de 208 VAC, onda senoidal pura, 60 Hz.

Características técnicas del inversor integrado a la red seleccionado:

Tabla 8 Especificaciones Inversor

Marca	SMA	
Modelo	2000HF-US	
PINV	2	KW
VOC,INV	600	VDC
VIN,INV	175 - 480	VDC
VOU,INV	208 – 240	V onda senoidal pura
fr	60 ± 5	Hz
INV	97,3%	

El número de módulos conectados en serie máximo (NSmax), estará determinado por el voltaje de operación del inversor:

$$NS_{max} = VIN, MAX, INV / VM, MOD =$$

$$NS_{max} = \frac{480V}{30,6V} = 15,7$$

El número de módulos conectados en serie mínimo (NSmin) estará determinado por el voltaje de operación del inversor:

$$NS_{min} = \frac{V_{IN, MIN, INV}}{V_{M, MOD}} =$$

$$NS_{min} = \frac{175V}{30,6V} = 5,7$$

Como se puede ver el número de módulos máximos que soportaría el inversor escogido es de 15 y mínimo 5, para lo cual nuestro sistema de 7 módulos opera dentro del rango permitido.

El sistema fotovoltaico para una vivienda típica en Yopal (estrato 2-3), se compondría de siete (7) módulos de 250 W cada uno, conectados en serie y un inversor integrado a la red de 2 KW, con una producción de energía de dichos módulos en DC detallada en la Tabla 6.

Tabla 9 Análisis de producción de energía según radiación reportada por el IDEAM

MES	Radiación KWh/m2-día	Energía Producida SFV	
		KWh/día	KWh/mes
Enero	5,2	6,4	197,5
Febrero	5,1	6,2	174,9
Marzo	4,8	5,9	182,3
Abril	4,3	5,3	158,0
Mayo	3,9	4,8	148,1
Junio	3,7	4,5	136,0
Julio	4,2	5,1	159,5
Agosto	4,1	5,0	155,7
Septiembre	4,6	5,6	169,1
Octubre	4,2	5,1	159,5
Noviembre	4,1	5,0	150,7
Diciembre	4,5	5,5	170,9
Anual	4,4	1962,1	

El balance mensual de energía con respecto al intercambio de energía con la interconexión a la red se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 10 Eficiencia de los módulos mensual

MES	Consumo KWh/mes	EAC,SFV KWh/mes	Saldo KWh/mes
Enero	155,0	191,5	36,5
Febrero	140,0	169,7	29,7
Marzo	155,0	176,8	21,8
Abril	150,0	153,3	3,3
Mayo	155,0	143,7	-11,3
Junio	150,0	131,9	-18,1
Julio	155,0	154,7	-0,3
Agosto	155,0	151,0	-4,0
Septiembre	150,0	164,0	14,0
Octubre	155,0	154,7	-0,3
Noviembre	150,0	146,2	-3,8
Diciembre	155,0	165,8	10,8
Anual	1825,0		78,2

Donde EAC,SFV es la energía producida por los módulos fotovoltaicos en AC, la cual se obtiene multiplicando la producción de dichos módulos en DC por la eficiencia del inversor.

Se observa como en los meses de enero a abril, septiembre y diciembre, el balance del sistema fotovoltaico (SFV) es positivo, o sea cubre el consumo de la carga de la vivienda y genera un excedente que al no ser consumido es enviado a la red de interconexión eléctrica nacional.

Mientras que en los meses de mayo a agosto, octubre y noviembre, dicho balance es negativo, o sea no alcanza a cubrir la energía demandada por el consumo de la vivienda, es necesario tomar dicho déficit de la red de interconexión eléctrica nacional.

Sin embargo en teoría el balance anual debe ser positivo, o sea el SFV satisface el consumo anual demandado por la carga de la vivienda y genera un excedente del 4,3 % de dicha carga demandada, el cual inyecta a la red de la empresa distribuidora.

EMISIONES CO2eq

Se hará un análisis para estimar el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) entre el SFV y la energía suministrada por la empresa distribuidora a través del sistema de red de interconexión eléctrica nacional.

22. Cálculo de las emisiones del sistema interconectado nacional (SIN)

En la página del UPME (unidad de planeación minera energética) podemos encontrar la energía producida por los diferentes sistemas de producción del país por lo que obtuvimos datos del año 2013 para poder realizar los cálculos de emisiones y así analizar el aporte de reducción que se podría obtener con el presente proyecto. La información de la siguiente tabla fue consultada en la página del UPEME:

http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/consulta_ISA.aspx?grupo=G

Las centrales menores son casi todas hídricas, mientras que los cogeneradores son principalmente de biomasa (caña de azúcar).

Tabla 11 Generación eléctrica por tipo de tecnología

GENERACION DEL SIN DE COLOMBIA SEGÚN DATOS DEL SIMEC (MWh)							
MES AÑO 2013	Cogeneradores	Menores	Hidraulica SIN	Termica Carbon	Termica Fuel Oil Y ACPM	Termica Gas	TOTAL
Enero	27.854,68	198.774,65	3.317.758,34	421.573,19	11.783,52	1.114.105,43	5.091.849,81
Febrero	27.758,92	218.350,94	3.005.638,45	559.449,37	71.355,66	1.197.367,33	5.079.920,68
Marzo	27.472,99	258.203,93	3.615.436,80	442.127,08	60.816,08	780.958,71	5.185.015,59
Abril	28.557,74	265.224,70	3.358.343,24	549.558,45	49.918,43	984.441,60	5.236.044,17
Mayo	18.652,88	322.148,65	3.780.622,98	457.639,90	16.176,35	790.655,21	5.385.895,97
Junio	32.015,09	282.437,40	3.526.279,44	352.880,00	13.129,27	845.564,46	5.052.305,65
Julio	33.535,43	270.917,77	3.372.143,84	572.436,46	19.051,72	1.052.668,59	5.320.753,82
Agosto	34.076,78	265.500,63	3.584.231,84	394.896,56	17.254,80	950.272,26	5.246.232,87
Septiembre	33.002,41	241.431,05	3.728.799,09	289.986,31	8.111,22	830.296,43	5.131.626,52
Octubre	33.730,21	254.844,00	3.594.533,29	439.163,52	23.774,74	948.982,50	5.295.028,27
Noviembre	23.192,49	292.009,46	3.330.594,25	455.690,89	17.266,86	1.035.240,93	5.153.994,87
Diciembre	32.134,76	300.130,08	3.621.559,37	493.578,35	13.306,11	862.632,97	5.323.341,63
TOTAL	351.984,36	3.169.973,28	41.835.940,94	5.428.980,08	321.944,77	11.393.186,43	62.502.009,86
%	0,56	5,07	66,94	8,69	0,52	18,23	100,00

La mayoría de los generadores menores son hidráulicos, por lo tanto se sumaría a la columna de solo generación hidráulica, aumentando la participación de dicho sistema al 72%, mientras que los cogeneradores utilizan la biomasa, principalmente desechos (caña de azúcar) como combustible.

En la siguiente figura se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI: CO₂eq) de las distintas fuentes de generación de energía eléctrica considerando todo el ciclo de vida, causantes del calentamiento global y el cambio climático.

23. Emisión de CO₂eq por tipo de combustible

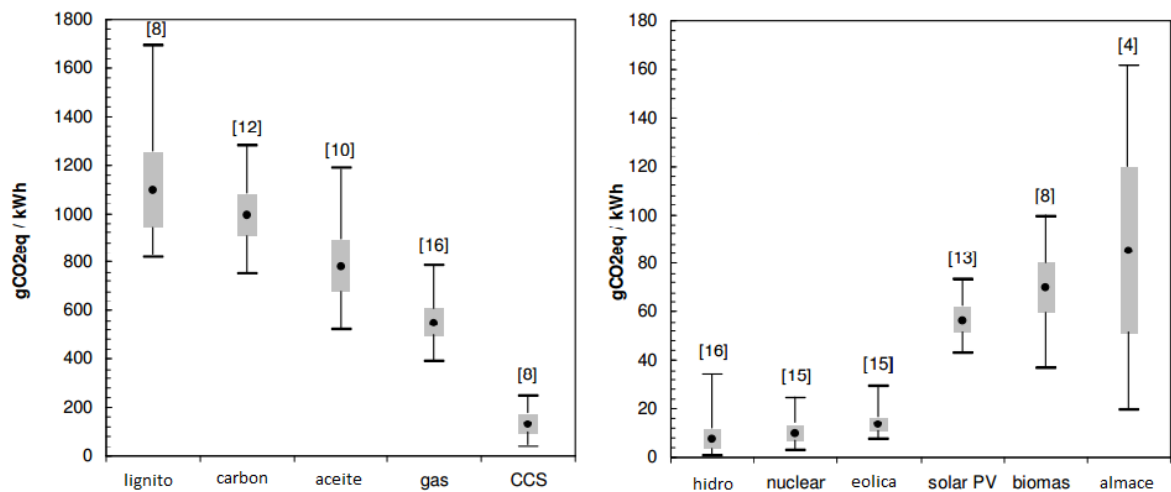


Figura 5 Emisión por tipo de combustible

Fuente: Weisser, Daniel. A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. PESS / IAEA. Wagramer Strasse 5, 1400 – Vienna, Austria. 2007.

(http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/GHG_manuscript_pre-print_versionDanielWeisser.pdf)

De acuerdo al tipo de centrales de generación de energía eléctrica en Colombia, se toman los puntos medios de cada tipo de combustible usado en la anterior figura, para determinar el valor de la emisión de gases de cada fuente, calculándose en la

siguiente tabla las emisiones totales de GEI arrojados a la atmósfera en Colombia en el año 2013 por la producción de energía eléctrica del SIN.

Emisiones de CO₂eq del SIN

Tabla 12 Emisiones

Tipo de Generación	Energía Producida SIN		Emisiones GEI		
	MWh / año	%	g CO ₂ eq / KWh	Ton CO ₂ eq / año	%
Hidráulica	45.005.914,19	72,01%	8	360.047	2,95%
Biomasa	351.984,38	0,56%	70	24.639	0,20%
Carbón	5.428.980,08	8,69%	1.000	5.428.980	44,44%
Fuel Oil y ACPM	321.944,76	0,51%	780	251.117	2,05%
Gas	11.393.186,42	18,23%	540	6.152.321	50,36%
Total	62.502.009,83	100,00%	195	12.217.104	100,00%

(Datos tomados de la página del UPME)

Por lo tanto 195 g CO₂eq /KWh de energía producida por el sistema de interconexión eléctrica nacional (SIN) emite 12'217.104 Ton CO₂eq/año a la atmósfera.

Emisión de CO₂eq de un sistema Fotovoltaico

De la figura de emisiones de CO₂eq para los distintos tipos de combustibles, se obtiene que para un sistema solar fotovoltaico el punto promedio de emisiones es el especificado a continuación.

Sistema Energético	FACTOR EMISION CO ₂ eq (g CO ₂ eq/KWh)
Fotovoltaico	56

Dentro de las energías renovables, el sistema fotovoltaico es el que más emisiones de CO₂eq emite. Y no es porque el sistema fotovoltaico durante su funcionamiento emita alguna emisión contaminante; esto se debe por la emisión de CO₂eq la cual inicia desde la cadena de producción de sus elementos que lo componen, tales como el aluminio, el vidrio, las células de silicio, y las estructuras metálicas que se usan para su montaje.

En la Tabla 13 se hace un cuadro comparativo de las emisiones de GEI entre la energía del SIN y del SFV.

MES	SFV		SIN		Ahorro Kg CO _{2eq}
	EDC,SFV KWh/mes	Emisión Kg CO _{2eq}	Consumo KWh/mes	Emisión Kg CO _{2eq}	
Enero	197,5	11,1	155,0	30,2	19,2
Febrero	174,9	9,8	140,0	27,3	17,5
Marzo	182,3	10,2	155,0	30,2	20,0
Abril	158,0	8,8	150,0	29,3	20,4
Mayo	148,1	8,3	155,0	30,2	21,9
Junio	136,0	7,6	150,0	29,3	21,6
Julio	159,5	8,9	155,0	30,2	21,3
Agosto	155,7	8,7	155,0	30,2	21,5
Septiembre	169,1	9,5	150,0	29,3	19,8
Octubre	159,5	8,9	155,0	30,2	21,3
Noviembre	150,7	8,4	150,0	29,3	20,8
Diciembre	170,9	9,6	155,0	30,2	20,7
Anual	1962,1	109,9	1825,0	355,9	246,0

Tabla 13- Comparación emisiones de Co2 SFV y SIN

Se observa cómo se logra dejar de emitir 246 Kg CO_{2eq} al año por cada vivienda, al alimentar la carga con SFV en vez de la red del SIN, contribuyendo positivamente a la protección del medio ambiente al disminuir notablemente la emisión de los GEI.

ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

Se efectuará el cálculo de los costos que tiene la implementación del presente proyecto, para esto determinaremos el presupuesto de la instalación, la rentabilidad y el periodo de recuperación de la inversión.

Se determinan los costos para la implementación del proyecto, donde se muestran los beneficios económicos obtenidos y por último una conclusión mediante la cual se evidenciara las ventajas y aporte frente al calentamiento global.

Costos de Materiales para la implementación del proyecto

En las siguientes tablas se mostrará la lista de precio por separado de los diferentes equipos y materiales que se utilizarán para la construcción de la instalación fotovoltaica.

24. EQUIPOS

En la siguiente tabla se mostrarán los costos de los equipos principales requeridos para el montaje del proyecto.

Tabla 14: costos de equipos

EQUIPOS	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Valor total
Generador Fotovoltaico	7	Unidad	\$ 650.000	\$ 4.550.000
Inversor	1	Unidad	\$ 1.900.000	\$ 1.900.000
Contador Bidireccional	1	Unidad	\$ 900.000	\$ 900.000
Estructura soporte Panel	7	Unidad	\$ 80.000	\$ 560.000
TOTAL EQUIPOS				\$ 7.910.000

Fuente 1: Propia

8.1.2 GASTOS DIRECTOS DEL MONTAJE

En la siguiente tabla se muestra los costos de montaje del proyecto

Tabla 15: gastos directos de montaje

EQUIPOS	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Valor total
Cables de cobre aislado	1	Global	\$ 250.000	\$ 250.000
Protecciones	1	Global	\$ 125.000	\$ 125.000
Canaleta PVC	1	Global	\$ 50.000	\$ 50.000
Caja para conexiones	2	Unidad	\$ 35.000	\$ 70.000
Mano de obra Instalacion	1	Unidad	\$ 500.000	\$ 500.000
TOTAL GASTOS DIRECTOS DEL MONTAJE				\$ 995.000

Fuente 2 Propia

25. Costo Total del Proyecto

Se mostraran los costos totales para la implementación del proyecto calculando un imprevisto del 5% debido a variables de medidas de los hogares.

Tabla 16: Costo total del proyecto

DESCRIPCION	Valor total
Costo de equipos	\$ 7.910.000
Costos directos del montaje	\$ 995.000
Imprevistos 5%	\$ 445.250
TOTAL INVERSION DEL PROYECTO	\$ 9.350.250

Fuente 3: Propia

26. Análisis de Costo total del proyecto

Los valores descritos incluyen valores con transporte de equipos a la ciudad de Yopal Casanare, impuesto de ventas (IVA). Se tuvieron en cuenta para tener un valor real para la implementación del proyecto.

27. ANALISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

Por medio del análisis financiero pretendemos demostrar si la instalación proyectada será rentable para poder ejecutar el proyecto. Realizaremos un análisis de las variables para comprobar que la inversión sea rentable por medio de un Valor Neto (VTO), Tasa Interna de Rentabilidad (TR) y Periodo de recuperación (Pr).

Para ejecutar este análisis se tendrán a en cuenta la potencia instalada (capacidad de producción del sistema fotovoltaico), los consumos mensuales promedios de un hogar común, el mapa de radiación solar del IDEAM, para calcular mes a mes la efectividad del sistema.

Sin embargo debido a que no se han definido los parámetros ni las tarifas a las cuales la red nacional compraría la energía solar producida de manera convencional en un hogar; ya que esta ley se encuentra en fase de aprobación por el senado; para efectos de análisis se tomara los costos actuales de la energía comercializada por Enerca en la ciudad de Yopal Casare para estratos (2-3).

Teniendo en cuenta que el principal propósito es obtener un beneficio económico al implementar el proyecto.

28. FLUJO DEL PROYECTO

INVERSION INICIAL	\$ 9.350.250
TASA INTERNA DE RETORNO	9%
VALOR PRESENTE NETO	\$ 6.698.957,25

Como podemos apreciar con respecto a la inversión inicial y lo recuperado año tras año en un periodo de 25 años vemos que el valor presente neto es positivo, lo cual nos permite determinar que el proyecto es viable y sostenible.

A continuación un análisis de resultados en un transcurso de 25 años

AÑO	0	1	2	3	4	5
PERDIDA ANUAL DE EFICIENCIA	0	1	2	3	4	5
PRODUCCION DE ENERGIA ANUAL (kWh)	1825	1825	1825	1825	1825	1825
PRODUCCION ENERGIA ANUAL MENOS PERDIDAS EFECTIVIDAD MODULO FOTOVOLTAICO	1825	1807	1789	1770	1752	1734
INCREMENTO DEL PRECIO DE LA ENERGIA (%) ANUAL	0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
PRECIO DEL kWh	\$ 420	\$ 435	\$ 450	\$ 466	\$ 482	\$ 499
AHORRO ANUAL ESTIMADO	\$ 766.500	\$ 785.394	\$ 804.672	\$ 824.337	\$ 844.393	\$ 864.843
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 100.000	\$ 103.500	\$ 107.123	\$ 110.872	\$ 114.752	\$ 118.769
RECUPERACION DE LA INVERSION	\$ (8.483.750)	\$ (7.594.856)	\$ (6.683.061)	\$ (5.747.852)	\$ (4.788.706)	\$ (3.805.094)

Tabla 17 Análisis de resultado 1.1

AÑO	6	7	8	9	10	11
PERDIDA ANUAL DE EFICIENCIA	6	7	8	9	10	11
PRODUCCION DE ENERGIA ANUAL (kWh)	1825	1825	1825	1825	1825	1825
PRODUCCION ENERGIA ANUAL MENOS PERDIDAS EFECTIVIDAD MODULO FOTOVOLTAICO	1716	1697	1679	1661	1643	1624
INCREMENTO DEL PRECIO DE LA ENERGIA (%) ANUAL	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
PRECIO DEL kWh	\$ 516	\$ 534	\$ 553	\$ 572	\$ 592	\$ 613
AHORRO ANUAL ESTIMADO	\$ 885.691	\$ 906.938	\$ 928.587	\$ 950.641	\$ 973.102	\$ 995.969
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 122.926	\$ 127.228	\$ 131.681	\$ 136.290	\$ 141.060	\$ 145.997
RECUPERACION DE LA INVERSION	\$ (2.796.478)	\$ (1.762.312)	\$ (702.044)	\$ 384.887	\$ 1.499.049	\$ 2.641.015

Tabla 18 Analisis de resultado 1.2

AÑO	12	13	14	15	16	17
PERDIDA ANUAL DE EFICIENCIA	12	13	14	15	16	17
PRODUCCION DE ENERGIA ANUAL (kWh)	1825	1825	1825	1825	1825	1825
PRODUCCION ENERGIA ANUAL MENOS PERDIDAS EFECTIVIDAD MODULO FOTOVOLTAICO	1606	1588	1570	1551	1533	1515
INCREMENTO DEL PRECIO DE LA ENERGIA (%) ANUAL	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
PRECIO DEL kWh	\$ 635	\$ 657	\$ 680	\$ 704	\$ 728	\$ 754
AHORRO ANUAL ESTIMADO	\$ 1.019.246	\$ 1.042.932	\$ 1.067.027	\$ 1.091.532	\$ 1.116.444	\$ 1.141.764
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 151.107	\$ 156.396	\$ 161.869	\$ 167.535	\$ 173.399	\$ 179.468
RECUPERACION DE LA INVERSION	\$ 3.811.368	\$ 5.010.695	\$ 6.239.592	\$ 7.498.659	\$ 8.788.501	\$ 10.109.733

Tabla 19 Analisis de resultado 1.3

AÑO	18	19	20	21	22	23	24	25
PERDIDA ANUAL DE EFICIENCIA	18	19	20	20	20	20	20	20
PRODUCCION DE ENERGIA ANUAL (kWh)	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825	1825
PRODUCCION ENERGIA ANUAL MENOS PERDIDAS EFECTIVIDAD MODULO FOTOVOLTAICO	1497	1478	1460	1460	1460	1460	1460	1460
INCREMENTO DEL PRECIO DE LA ENERGIA (%) ANUAL	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	4,5
PRECIO DEL kWh	\$ 780	\$ 807	\$ 836	\$ 865	\$ 895	\$ 927	959	1002
AHORRO ANUAL ESTIMADO	\$ 1.167.488	\$ 1.193.614	\$ 1.220.139	\$ 1.262.843	\$ 1.307.043	\$ 1.352.789	\$ 1.400.137	\$ 1.463.143
COSTOS DE MANTENIMIENTO	\$ 185.749	\$ 192.250	\$ 198.979	\$ 205.943	\$ 213.151	\$ 220.611	\$ 228.333	\$ 238.608
RECUPERACION DE LA INVERSION	\$ 11.462.969	\$ 12.848.833	\$ 14.267.951	\$ 15.736.737	\$ 17.256.931	\$ 18.830.332	\$ 20.458.802	\$ 22.160.553

Tabla 20 Analisis de resultado 1.4

Como Podemos analizar el proyecto permite generar un ahorro significativo que con el pasar de los años más específico hacia finales del noveno año e inicio del décimo, se proyecta recuperar el 100% de la inversión y se gozara de ahí en adelante el beneficio. Que fácil mente se podrá tomar como la ganancia.

GLOSARIO DE TERMINOS

a.c Antes de Cristo

Antes del nacimiento de Cristo

URE Uso Racional y Eficiente de la Energía

Se refiere al uso consciente para utilizar lo estrictamente necesario.

E_T Energía Total

Donde no hay pérdidas, no entra ni sale energía

FV Fotovoltaica

Energía obtenida directamente de los rayos del sol

CC Corriente Continua - E_{CC} Energía Corriente Continua

CC. Corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección

CA Corriente Alterna - E_{CA} Energía Corriente Alterna

La dirección del flujo de electrones va y viene a intervalos regulares o en ciclos

η_{Inv} Rendimiento del Inversor

Eficiencia del equipo inversor a la hora de inyectar energía a la red eléctrica

HSP Hora Sol Pico

Unidad que mide la irradiación solar más efectiva durante el día

CONCLUSIONES

Es importante rescatar que aunque el beneficio monetario es bastante llamativo, el aporte al planeta es la verdadera razón del proyecto, ya que se contribuirá a disminuir la contaminación y permitirá brindar una solución aplicable a zonas que no se encuentren conectadas a las redes nacionales.

Este proyecto pretende concientizar a las personas en el consumo energético, informar que la fuente proveniente de la energía eléctrica genera una contaminación significativa, es de resaltar que Colombia es uno de los países que al producir su energía genera muy baja contaminación con respecto a otros países, sin embargo el nivel de población aumenta cada día y es indispensable aumentar la producción energética.

Con este proyecto ejecutado en departamentos como Casanare y masificado dentro de la comunidad yopaleña, disminuiría ostensiblemente el consumo y requerimientos que se le hacen a la red de ENERCA, que para nadie es oculto que es bastante deficiente debido a que la carga del municipio de Yopal supera con creces las redes instaladas, aumentando los problemas de apagones y bajos voltajes en las viviendas.

El proyecto es viable teniendo en cuenta el análisis financiero parte fundamental del presente trabajo, debido a la masificación de los productos y a que se encuentran en el mercado paneles solares mucho más eficientes y económicos, así que fácilmente podremos reducir los costos, es grato decir que esta es posiblemente una de las fuentes de energía del futuro.

BIBLIOGRAFIA

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. - Boreau Veritas Formación. Javier María Méndez Muñiz, Rafael Cuervo García. - Séptima Edición. - FC Editorial.

ENERGÍA SOLAR. - Néstor Quadri. - Quinta Edición. - Librería y Editorial Alsina.

LA ELECTRICIDAD QUE VINENE DEL SOL. Una Fuente de Energía Limpia. - Arturo Morales Acevedo.

INSTALACIÓN DE PÁNELES SOLARES TÉRMICOS. - Tomás Perales Benito. - Creaciones Copyright.

SOLAR ELECTRICITY HANDBOOK. - Michael Boxwell. - 2011 Edition.

CENSOLAR (CENTRO DE ESTUDIOS DE ENERGÍA SOLAR)
LA ENERGÍA SOLAR, Una energía garantizada para los próximos 6000 millones de años.

http://www.censolar.es/?gclid=CLLd6c_H7LkCFWpk7AodQXEAJg

CURSO DE PROYECTISTA INSTALADOR DE ENERGÍA SOLAR
(FOTOTÉRMICA Y FOTOVOLTAICA)

<http://www.censolar.es/menu3.php?gclid=CJX4mt7H7LkCFeHm7Aodfz0Axw>

TEXTOS CIENTÍFICOS. COM. - CELDAS SOLARES

<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

ANEXOS