

**Estudio de factibilidad técnica de una solución eléctrica de uso  
residencial con paneles solares en el municipio Sahagún departamento  
de Córdoba de la costa norte colombiana**

**Posgrados de ingeniería gerencia de proyectos de ingeniería de  
telecomunicación**

**Universidad Santo Tomas de Aquino, Bogotá**

**Rafael Acosta, Edwin Martínez &**

**Jerson Riveros, Mayo 2015.**

## Tabla De Contenido

TABLA DE FIGURAS .....	4
TABLAS DE CUADROS .....	5
1. RESUMEN DECISORIO .....	6
1.1 Aspectos Técnicos.....	6
1.2 Aspectos Financieros.....	7
1.3 Conclusiones y Recomendaciones .....	8
2. MARCO BASICO DE GESTION Y DESARROLLO .....	9
2.1 Objetivos .....	9
2.1.1 Objetivo Central .....	9
2.1.2 Objetivos Específicos .....	9
2.2 Justificaciones .....	10
2.3 Datos Relevantes .....	11
2.4 Descripción e indicadores relevantes de la problemática.....	15
2.4.1 Antecedentes del proyecto.....	16
2.4.2 Rasgos Destacables .....	18
2.5 Barreras y Factores Cruciales de Riesgo .....	19
3 ASPECTOS TECNICO.....	20
3.1 Factores Condicionantes .....	20
3.1.1 Análisis de Alternativas y Selección.....	22
3.2 Localización .....	31
3.2.1 Macro localización .....	32
3.2.2 Características del Producto para una posible implementación .....	33
3.2.3 Parámetros de diseño sistema eléctrico .....	39
3.2.4 Cálculos Del Sistema Eléctrico .....	42
3.2.5 Requerimientos de Mano de Obra, Materia Prima e Insumos.....	52
3.2.6 Distribución General y Planos Arquitectónicos .....	53
3.2.7 Impacto Ambiental.....	54
4 ASPECTOS FINANCIEROS Y EVALUACION FINANCIERA .....	56
4.1 Inversiones y Financiamiento.....	56
4.1.1 Estructura de Capital y Financiamiento .....	58

4.2	Costos.....	58
5	BIBLIOGRAFÍA.....	60
6	ANEXOS.....	62
6.1	Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KC40T. ....	62
6.2	Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KC65T. ....	62
6.3	Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KC85T. ....	62
6.4	Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KD205GX.....	62
6.5	Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KS20. ....	62
6.6	Catálogo Solar Controler PREC-R.....	62
6.7	Catálogo Solar Controler Steca PR PR 1010, PR 1515, PR 2020, PR 3030.....	62
6.8	Catálogo Solar Controler Steca Steca Solarix PRS.....	62
6.9	Catálogo Solar Controler Steca Steca Solsum 5.0c, 8.0c, 6.6c, 8.8c, 10.10c.....	62
6.10	Catálogo Solar Controler Steca Steca Solsum 5.0c, 8.0c, 6.6c, 8.8c, 10.10c.....	62
6.11	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 55W PV Module Model No. ZXM055W18V-12501. 62	
6.12	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 85W PV Module BIPV Model No. ZXM085W18V-125G1 .....	62
6.13	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 85W PV Module Model No. ZXM085W18V-12501 62	
6.14	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 100W PV Module <Model No. ZXM100W18V-12501T .....	62
6.15	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 160W Mono-crystalline PV Module Model No. ZX160(34.5)M .....	63
6.16	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 180W Mono-crystalline PV Module <Model No. ZX180(36)M .....	63
6.17	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 210W Mono-crystalline PV Module Model No. ZX210(47)M .....	63
6.18	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 210W Mono-crystalline PV Module Model No. ZX210(47)M .....	63
6.19	Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 250W PV Module <Model No. ZXM250W36V-15601 .....	63
6.20	Catálogo Samlex America Conversión de energía 2014. ....	63

## TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1 CRECIENTE DE ENERGÍA SOLAR (WIKIPEDIA) .....	12
FIGURA 2 ANTECEDENTES (NORMATIVIDAD_SOBRE_ENERGIA_SOLAR_TERMICA_Y_FOTOVOLTAICA.PDF). 17	
FIGURA 3 MAPA DE RADIACIÓN SOLAR (COLOMBIA A. D.).....	21
FIGURA 4 PANEL SOLAR FOTO VOLTAICO (PUNTO ENERGIA ITALIA) .....	23
FIGURA 5 REGULADOR DE CARGA ( <a href="http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34">HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN192.HTML#SECCION34</a> ).....	24
FIGURA 6 BATERÍAS SOLARES ( <a href="http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34">HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN192.HTML#SECCION34</a> ).....	24
FIGURA 7 INVERSOR PANELES SOLARES ( <a href="http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34">HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN192.HTML#SECCION34</a> ).....	25
FIGURA 8 CLASES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ( <a href="http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34">HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN192.HTML#SECCION34</a> ).....	25
FIGURA 9 SISTEMA DE FOTOVOLTAICO AISLADO EN CASA DE CAMPO ( <a href="http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34">HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN192.HTML#SECCION34</a> ).....	27
FIGURA 10 CONTADOR DE DOBLE SENTIDO (NORMATIVA DE MEDICIÓN NETA (NET-METERING, 2014) .....	30
FIGURA 11 SISTEMA CON RETROALIMENTACIÓN A RED ELÉCTRICA COMERCIAL ( <a href="http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34">HTTP://INGEMECANICA.COM/TUTORIALSEMANAL/TUTORIALN192.HTML#SECCION34</a> ).....	30
FIGURA 12 MAPA CORREGIMIENTO SAHAGÚN (COLOMBIA) .....	31
FIGURA 13MACRO LOCALIZACIÓN MUNICIPIO SAHAGÚN.....	32
FIGURA 14 PANEL SOLAR PV TECH PHOTOVOLTAIC 250 W .....	33
FIGURA 15 CONTROLADOR DE CARGA PWM XANTREX .....	34
FIGURA 16 BATERÍA MONOBLOCK AGM 120AH .....	35

FIGURA 17 CONTROLADOR DE CARGA .....	47
FIGURA 18 PLANO ARQUITECTÓNICO CASA SAHAGÚN. ....	53

## TABLAS DE CUADROS

TABLA 1 ELEMENTOS DE IMPLEMENTACIÓN .....	6
TABLA 2 COSTOS EN LA IMPLEMENTACIÓN E INSTALACIÓN. ....	7
TABLA 3 CUADRO DE CARGAS CASA SAHAGÚN .....	40
TABLA 4 CUADRO DE CARGAS EQUIPOS DE PRIMERA NECESIDAD CASA SAHAGÚN. ....	41
TABLA 5 RESULTADO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN COMPLETO. ....	48
TABLA 6 RESULTADO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN PRIMERA NECESIDAD. ....	51
TABLA 7 COSTOS MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA INSTALACIÓN SISTEMA GENERAL .....	52
TABLA 8 MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA INSTALACIÓN SISTEMA CARGAS BÁSICAS .....	52
TABLA 9 PROPUESTA ECONÓMICA INSTALACIÓN CARGA TOTAL .....	58
TABLA 10 PROPUESTA ECONÓMICA INSTALACIÓN CARGAS DE PRIMERA NECESIDAD .....	59

## FORMULAS PARA LOS CÁLCULOS USADOS

FORMULA 1 TAMAÑO SISTEMA FOTOVOLTAICO AR.....	43
FORMULA 2 NÚMERO DE PANELES SOLARES .....	44
FORMULA 3 CÁLCULO DEL TAMAÑO DE LA BATERÍA .....	45
FORMULA 4 NÚMERO DE BATERÍAS .....	45
FORMULA 5 MEDIDA DE CORRIENTE CONTROLADOR.....	46

## 1. RESUMEN DECISORIO

### 1.1 Aspectos Técnicos

Las fallas continuas en el suministro de energía eléctrica en las casas residenciales del municipio de Sahagún, se pueden disminuir de forma eficiente y constante; con la implementación de la energía solar autónoma, generando una reducción de costos en la facturación de la energía y por ende una mejora en las condiciones de vida de los habitantes de la zona en el momento de una falla eléctrica. ([www.neoteo.com](http://www.neoteo.com), 2011)

Haciendo énfasis también en las nuevas tecnologías de la energía limpia de origen renovable y luego de realizar el estudio, se toma la decisión de usar un diseño de sistema aislado de energía con paneles solares, por lo que la inversión inicial, costos de implementación y espacio son menores.

Esta solución permitirá soportar la iluminación con bombillos ahorradores de 15W en la casa y el funcionamiento de la nevera conservando los alimentos en buen estado, para lo cual se utilizarán los siguientes elementos en la implementación del sistema.

Cantidad	Descripción
2	Panel Solar 180 w 24 vdc
2	Batería AGM 12V 120 Ah
1	Controlador de Carga PWM Xantrex 12/24 35 amp
1	Inversor Cotek 1,kva; Onda Seno 24vdc 120vdc 60 hz
1	Gabinete Tipo intemperie para Baterías controlador y Protecciones
1	Soporte Metálico para paneles
1	Materiales, Protecciones y accesorios pre-ensamble incluido SPT

Tabla 1 Elementos De Implementación

## 1.2 Aspectos Financieros

A continuación se refleja el valor total de costos en la implementación e instalación del sistema aislado de energía solar para una vivienda unifamiliar en la ciudad de Sahagún.

Cantidad	Descripción	Valor Unit.	Valor total
2	Panel Solar 180 w 24 vdc	\$ 540.000	\$ 1.080.000
2	Batería AGM 12V 120 Ah	\$ 670.000	\$ 1.340.000
1	Controlador de Carga PWM Xantrex 12/24 35 amp	\$ 550.000	\$ 550.000
1	Inversor Cotek 1,kva; Onda Seno 24vdc 120vdc 60 hz	\$ 1.941.000	\$ 1.941.000
1	Gabinete Tipo intemperie para Baterías controlador y Protecciones	\$ 120.000	\$ 120.000
1	Soporte Metálico para paneles	\$ 200.000	\$ 200.000
1	Materiales, Protecciones y accesorios pre-ensable incluido SPT	\$ 300.000	\$ 300.000
1	Transporte Materiales y Equipos	\$ 600.000	\$ 600.000
1	Viáticos Personal Técnico	\$ 800.000	\$ 800.000
1	Mano de Obra instalación llave en mano	\$ 700.000	\$ 700.000
	<b>Sub Total</b>		<b>\$ 7.631.000</b>
	<b>Impuestos IVA 16%</b>		<b>\$ 1.220.960</b>
	<b>Total con impuesto</b>		<b>\$ 8.851.960</b>

Tabla 2 Costos En La Implementación E Instalación.

En los costos están incluidos la mano de obra, la instalación del sistema y el transporte de los materiales.

### **1.3 Conclusiones y Recomendaciones**

Luego del estudio realizado se observa que la opción que se debe escoger para la implementación en la zona es la de suministro de energía para las cargas básicas de la casa gracias a su bajo costo y que permitirá entregar servicio de primera necesidad y no el de tener toda la casa con la energía solar constantemente, ya que la inversión en los costos de este estaría muy por encima para una sola casa.

Con el estudio realizado, se puede ampliar el sistema de energía a futuro, para que la cobertura sea total en la vivienda y que pueda brindar energía solar a más electrodomésticos del hogar, también permitirá una mayor autonomía si el uso se racionaliza de una excelente forma.

La utilización de nuestro estudio técnico, si se llegara a implementar, sentaría un precedente dentro de este corregimiento en la infraestructura de los hogares que actualmente se tiene, generando un impulso en la adecuación y conocimiento de los sistemas de energía solar en el municipio.

## **2. MARCO BASICO DE GESTION Y DESARROLLO**

### **2.1 Objetivos**

#### **2.1.1 Objetivo Central**

Estudiar la viabilidad técnica del uso de paneles solares para el autoabastecimiento de energía eléctrica en una casa unifamiliar del municipio de Sahagún en el departamento de Córdoba costa norte colombiana.

#### **2.1.2 Objetivos Específicos**

- Definir las necesidades técnicas de la instalación para proveer energía eléctrica fotovoltaica por medio de paneles solares.
- Seleccionar la mejor alternativa para la implementación de un sistema fotovoltaico en una casa unifamiliar del municipio de Sahagún.
- Especificar los costos para la alternativa de implementación del sistema fotovoltaico dentro del ambiente escogido.

## **2.2 Justificaciones**

Con el estudio de factibilidad a desarrollar se pretende dar alternativas de energías limpias; Como las fotovoltaicas que nos permitan mitigar los problemas en el suministro de energía que presenta la empresa electrificadora de la costa norte colombiana y más específicamente en el municipio de Sahagún.

Por los problemas presentados constantemente en la red eléctrica se evidencia la necesidad de buscar una alternativa diferente a la actual, para tener el servicio eléctrico de forma continua, segura, económica, limpia, mejorando las condiciones de vida de los habitantes del municipio.

Gracias a la necesidad generada se realizaran estudios para la implementación en la zona, que conlleve a una solución técnica y financiera, como las que se han realizado en diferentes partes del mundo, obteniendo grandes resultados y dejando atrás la dependencia de la energía eléctrica convencional, aprovechando los factores climáticos de nuestra posición geográfica, generando un salto en la innovación y desarrollo de esta nueva energía alternativa en el país.

### **2.3 Datos Relevantes**

Colombia decretó el 3 de octubre de 2001 en su constitución política y expidió la Ley URE, o LEY 697, en la que textualmente argumenta que:

Artículo 1°. Declárese 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.

Este proyecto contribuye a la aplicación de la anterior Ley, promocionando el uso racional de la energía eléctrica a través de fuentes de energías alternativas, favoreciendo a la disminución de la contaminación al medio ambiente y garantiza la continuidad del abastecimiento energético cuidando y protegiendo los recursos naturales existentes, para beneficio de futuras generaciones (Colombia E. C., 2012).

Debido a la creciente demanda de energías renovables, la fabricación de células solares e instalaciones fotovoltaicas ha avanzado considerablemente en los últimos años. Alemania es, junto a Japón, China y Estados Unidos, uno de los países donde la energía fotovoltaica está experimentando un crecimiento más vertiginoso.

A finales de 2013, se habían instalado en todo el mundo cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica, convirtiendo a la energía fotovoltaica en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica.

La considerable potencia instalada en Alemania (35 GW en 2014) ha protagonizado varios récords durante los últimos años. Durante dos días consecutivos de mayo de 2012, por ejemplo, las plantas fotovoltaicas instaladas en este país produjeron 22 000 MWh en la hora del mediodía, lo que equivale a la potencia de generación de veinte centrales nucleares trabajando a plena capacidad.

La energía solar fotovoltaica se usaba tradicionalmente desde su popularización a finales de los años 1970 para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas de la red eléctrica, pero sobre todo, de forma creciente durante los últimos años, para producir electricidad a gran escala a través de redes de distribución, bien mediante inyección a la red o para autoconsumo doméstico, como se observa en la figura 1 (wikipedia)

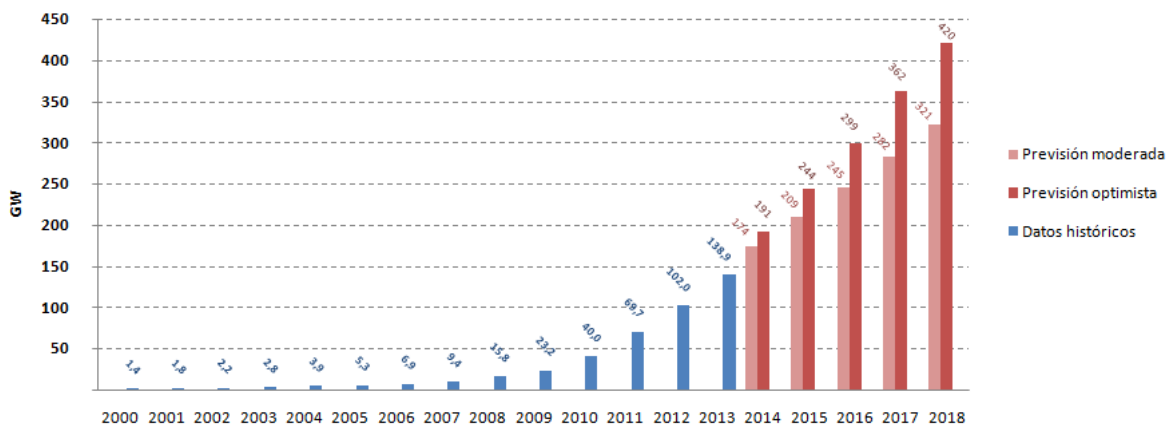


Figura 1 Creciente de Energía Solar (wikipedia)

Este estudio tiene por finalidad promover e incentivar el uso de energías alternativas como la que proviene de la luz solar, a través de paneles solares, todo esto con el fin de mitigar los efectos negativos del consumo energético y las fallas presentadas en la prestación de esta por parte de la empresa electrificadora de la zona en la costa caribe colombiana, y así entrar en la tendencia mundial con la generación de energías no contaminantes.

La energía solar es una fuente interminable, renovable y limpia, que debemos aprovechar, ya que su uso es libre de contaminación, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y podemos conseguirla gratuitamente.

La inclinación mundial, es dejar de utilizar o usar combustibles fósiles, para que a futuro sean reemplazados por energías renovables, y así procurar disminuir las emisiones de gases, con el propósito de reducir el efecto invernadero, mitigar el impacto ambiental del sector y contribuir a combatir los efectos del cambio climático.

Por otra parte, según estudios realizados, cerca de un millón de familias en Colombia carecen de energía eléctrica en el sector rural, frente a esta realidad la ONU ha exhortado a los países como el nuestro para que se promueva el uso de energías alternativas y para que se implemente en zonas rurales argumentando que el acceso a la energía contribuye con la erradicación de la pobreza y la mejora en la salud y la calidad de vida de las personas.

En consideración a las políticas establecidas por las diferentes organizaciones internacionales con relación al manejo de las energías convencionales, por el mal uso de las mismas, la contaminación del medio ambiente, y el cambio climático que está viviendo el mundo, es urgente legalizar e incentivar el uso de paneles solares y paneles fotovoltaicos como alternativa de energía renovable y libre de todo tipo de contaminación (Ponentes NANCY DENISE CASTILLO GARCÍA, 2012).

Aparte de los buenos beneficios que obtendremos con la energía solar, queremos dar una alternativa ecológica que permita mitigar el mal servicio que presta la empresa de energía eléctrica de la costa Colombiana, que por sus fallas e intermitencias constantes ha generado que se dañen electrodomésticos y el no poder gozar constantemente de fluido eléctrico que nos permita ver un programa televisado o solo escuchar música en la radio

Colombia por su posicionamiento geográfico cercano al trópico del Ecuador, es un país en el que la mayor parte del año se tiene sol, facilitando la utilización de celdas solares para proveer potencia. Por tal motivo se realiza un estudio de implementación con paneles solares a nivel residencial, que permita aliviar en gran parte la demanda de energía necesaria en la zona y se contribuya a reducir los efectos que produce la inestabilidad energética en el norte del país también permitirá disminuir los factores contaminantes de la generación eléctrica.

En este momento el mercado tienen precios competitivos en paneles solares a diferencia de años atrás, por lo que el uso de las celdas fotovoltaicas para producción de energía eléctrica, podría ser una solución eficiente.

## **2.4 Descripción e indicadores relevantes de la problemática**

Los hechos más problemáticos ocasionados por la empresa prestadora del servicio eléctrico en el departamento de Córdoba municipio de Sahagún, han sido sujetos de vigilancia especial por parte de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y están referidos a dos núcleos principales: por un lado, la calidad en la prestación del servicio relacionada con los indicadores de pérdidas de energía, la frecuencia equivalente de la interrupción del servicio –FES- y la duración equivalente de dichas interrupciones –DES-; por otro lado, los referidos a la gestión con los clientes y a los procesos comerciales.

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios –SSPD- ha hecho seguimiento a indicadores tales como la relación de reclamos por facturación, suscriptores sin medición, la atención de reclamos del servicio, la atención de solicitudes de conexión, el tiempo de atención a los usuarios, entre otros. (Pueblo, 2005)

En Colombia existe potencial para el desarrollo de energías renovables no convencionales, sin embargo, la estructura regulatoria actual hace que la diferencia en rentabilidad entre estas tecnologías y las convencionales se incremente, dificultando su entrada en el mercado.

La generación regional de energía eléctrica es producida por plantas térmicas, que desde 1977 pasaron a utilizar gas natural como combustible en lugar de fuel oil, permitiendo una reducción en los costos de la misma. No obstante, el costo de la energía en la Costa Atlántica continúa siendo más alto que en el resto del país, lo que no permite proveer un buen servicio en toda la región (banrepcultural.org)

### **2.4.1 Antecedentes del proyecto**

Colombia tiene suficientes recursos de Energía solar por su ubicación en la zona ecuatorial, actualmente el país cuenta con 6 MW de energía solar instalados (equivalente a aproximadamente 78,000 paneles solares), 57% está distribuido para aplicaciones rurales y 43 por ciento para torres de comunicación y señalizaciones de tránsito. Los sistemas solares pueden ser muy apropiados para aplicaciones en zonas rurales, donde la demanda de energía se encuentran en zonas alejadas por lo cual es muy caro conectarlo a la red nacional (UPME 2005) <sup>2</sup> En Colombia se podría generar en mayor escala en las zonas del Magdalena, La Guajira, San Andrés y Providencia .UPME, Atlas de Radiación Solar de Colombia del 2005

Existen antecedentes exitosos sobre el uso de sistemas aplicados a la iluminación, las actividades de bombeo de agua y electrificación rural independiente, entre ellos el sistema híbrido solar-diesel en Titumate Unguía, Chocó; de igual forma estos estudios de energía alternativa se han realizado en otras partes de Colombia como los municipios de Nazareth en la guajira, Departamento de Bolívar, San Andrés y San José del Guaviare (Jiménez, 2014).

Proyecto	Descripción	Ubicación	Fecha inicio	Imagen
Generación con sistema híbrido Solar – Diesel Titumate	El proyecto que se desarrolla incluye estudio de demanda, Instalación del sistema de generación fotovoltaica, diseño y construcción de redes de baja tensión, acometidas y luminarias ahorradoras.	localidad de Tituma - municipio de Ungía - Choco	Junio de 2008	
construcción y puesta en operación de 125 kw de energía solar fotovoltaica	Se está implementando una instalación de 10 seguidores solares de dos ejes, ocho de los cuales estarán ubicados en la Alta Guajira y dos en Isla Fuerte, con una capacidad de 12.5 kW cada uno, para un total de 125 kW.	La Guajira y Bolívar (Isla Fuerte)	Septiembre 2009	
Generación con sistema híbrido Solar – Eólico, Nazareth.	El proyecto que se desarrolla incluye estudio de demanda, de potencial de generación de organización comunitaria y generación de energía eléctrica.	Nazareth, departamento de La Guajira	Junio de 2008	
Implementación de energía solar en edificaciones	Incluye Implementación de tecnologías de sistemas solares con evaluación del comportamiento en instalaciones residenciales y comerciales, igualmente se contempla la implementación de energía solar térmica.	San Andrés	Enero de 2009	
Implementación de sistemas de energía solar en el Guaviare	Construcción de sistemas de energía solar fotovoltaica para 451 viviendas de la zona rural sin energía eléctrica	San José del Guaviare	Noviembre de 2009	

Figura 2 Antecedentes (normatividad\_sobre\_energia\_solar\_termica\_y\_fotovoltaica.pdf)

En el departamento de Córdoba se han tenido casos de éxito como el de la Institución Educativa Martinica, la cual pone fin a los días en los que esta institución afrontaba racionamientos frecuentes. Donde el plantel estuvo 413 horas sin energía eléctrica durante el año 2014. El colegio cuenta hoy con 16 placas o módulos formados por células fotovoltaicas instalados en su techo que le garantizan energía durante 24 horas al día. ([tiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690](http://tiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690))

### **2.4.2 Rasgos Destacables**

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa, por ejemplo para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico, o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las casas en horas nocturnas.

Las celdas solares son modulares y pueden ser instaladas de forma permanente o permitir que luego sean ubicadas o transportadas a otros lugares sin que esto genere demasiado trauma en su manejo, el espacio requerido debe ser adecuado de acuerdo al tamaño del sistema que se va instalar para dar la solución adecuada a sus necesidades.

Bajo riesgo y fácil instalación se tienen una larga vida y el mantenimiento es mínimo. Los paneles solares pueden durar unos 20 años y el único mantenimiento es limpiarlos un par de veces al año. No hace falta cambiar repuestos, poner aceite o combustible, ni siquiera prender o apagar el sistema, este no produce contaminación sonora.

Mejoraría en las condiciones de vida de las personas que viven en regiones donde no hay interconexión eléctrica o donde se producen cortes de energía de forma frecuente.

Efectos sobre la preservación de la biodiversidad, disminución de riesgos sobre fauna, flora y suelos en la región rebajar la emisión de gases, CO<sub>2</sub>, químicos, y otros elementos sólidos, tales como cables eléctricos, y partículas de carbón.

## **2.5 Barreras y Factores Cruciales de Riesgo**

Una de las grandes barreras en los proyectos de generación de energía solar a escala comercial puede requerir grandes cantidades de tierra. Sin embargo, para un sistema residencial no es el principal problema.

Los costos iniciales de instalación de un sistema de energía solar pueden ser altos comparados con otras alternativas. Sin embargo, no existen costos posteriores, por lo que la inversión inicial se recupera. Para algunas familias los costos iniciales pueden ser un obstáculo importante, por lo que se podría tener un apoyo gubernamentales con esquemas de financiamiento que incentive el uso de la solución de energía solar.

En algunos lugares la luz solar no tiene la intensidad o no es suficientemente constante para proporcionar un flujo de energía permanente. Esto prácticamente no es un problema en el departamento de Córdoba ubicado en la costa norte colombiana donde se realiza este estudio de factibilidad

La financiación por parte de entes privados es posible pero los inversionistas son muy selectivos debido a la baja capacidad financiera que se tiene para la instalación de estos proyectos. El sector de energía fotovoltaica es un mercado para invertir, tanto en proyectos como en empresas, los diferentes gobiernos están en la búsqueda de energías renovables y la seguridad jurídica de la mayoría de los países, hacen que las inversiones fotovoltaicas puedan calificarse de bajo riesgo.

Cambiar el pensamiento de despilfarro de energía innecesaria y crear una cultura de máxima utilidad de los equipos que se conectan a la red, para que sea aprovechada de forma adecuada la solución del sistema eléctrico de energía solar en los hogares.

### **3 ASPECTOS TECNICO**

#### **3.1 Factores Condicionantes**

La persona debe tener el terreno o el espacio necesario adecuado para la instalación de los paneles solares que alimentara el sistema eléctrico en la casa, si no lo tiene el dueño del predio adecuara el espacio.

El predio debe tener y garantizar el correcto funcionamiento de la red interna eléctrica del inmueble a 120 V ac, la iluminación debe ser de bombillos ahorradores de 15 W la cual garantiza el correcto funcionamiento del sistema eléctrico suministrado por los paneles solares.

También se debe tener en cuenta el respectivo mantenimiento de los paneles solares ya que la presencia de una suciedad uniforme da lugar a una disminución de la corriente y tensión entregada por el generador fotovoltaico, por otro lado la presencia de suciedades localizadas (como puede ser el caso de excrementos de aves) que da lugar a un aumento de las pérdidas.

Se debe tener claro el mapa de radiación solar de Colombia para los cálculos adecuados de los paneles solares, ver figura 3 en el cual se pueden clasificar las siguientes regiones, de acuerdo a la cantidad de radiación solar en rangos de promedio diario anual (kWh/m<sup>2</sup> día):

- a) Alta Guajira entre 5,5 y 6,0 kWh/m<sup>2</sup> día.

- b) Costa Atlántica y Valle del Magdalena entre 5,0 y 5,5 kWh/m<sup>2</sup> día.
- c) Llanos Orientales (Valle río Orinoco) y sabanas de Sucre, Córdoba, Valledupar y las riveras del río Cauca, entre 4,5 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup> día.
- d) Región Andina y sabana de Bogotá entre 4,0 y 4,5 kWh/m<sup>2</sup> día.
- e) Amazonas y pié de monte Andino, entre 3,8 y 4,2 kWh/m<sup>2</sup> día.
- f) Región Pacífica y muy alta montaña (más de 3000msnm), entre 3,0 y 3,8 kWh/m<sup>2</sup> día. (Termodinámica, 2009).

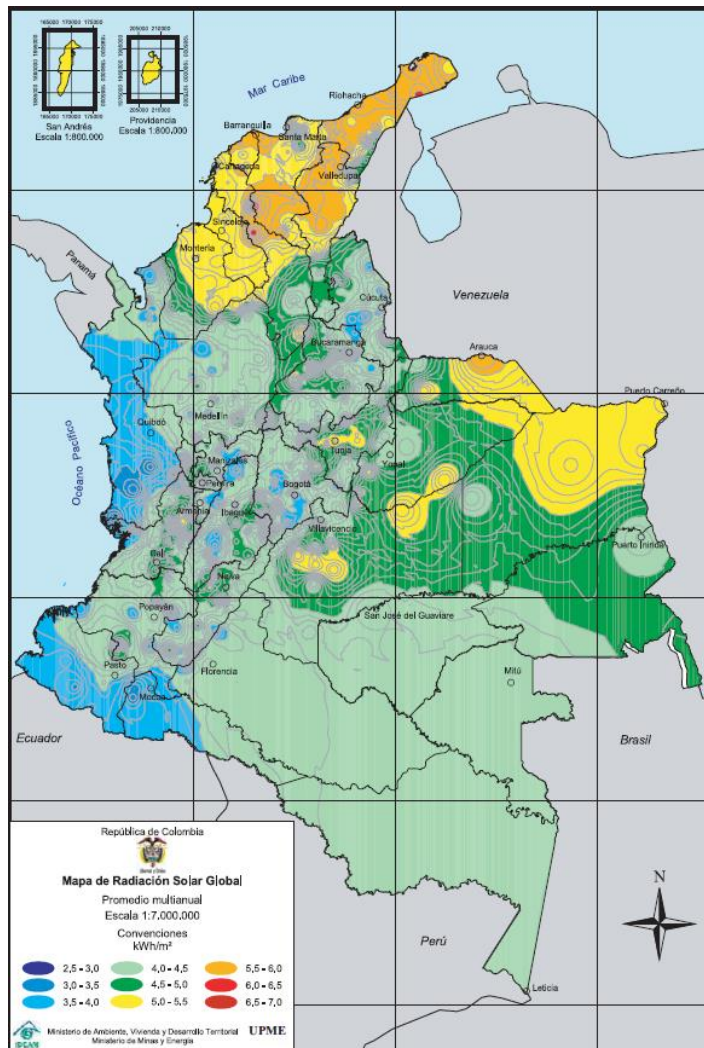


Figura 3 Mapa de Radiación Solar (Colombia A. d.)

### **3.1.1 Análisis de Alternativas y Selección**

#### **Funcionamiento de un sistema fotovoltaico aislado**

Una instalación fotovoltaica está compuesta por un grupo generador, formado por una extensión de paneles solares fotovoltaicos, un regulador de carga, un grupo acumulador y un inversor.

Durante las horas de insolación, los paneles fotovoltaicos producen energía eléctrica en forma de corriente continua que es almacenada en los acumuladores. En los momentos de consumo energético, los acumuladores suministran a los receptores esta electricidad, que es transformada en corriente alterna por el inversor.

La energía solar fotovoltaica se basa en el efecto fotoeléctrico para convertir directamente la energía de los rayos solares en electricidad. Para obtener una corriente eléctrica se ha de crear una diferencia de potencial eléctrico. Se deben usar materiales conductores ya que sus electrones tienen una actividad más elevada y permiten crear flujo eléctrico fácilmente.

Para que la célula fotovoltaica genere electricidad deberemos crear una diferencia entre la carga positiva y la negativa añadiendo a un semiconductor puro unas pequeñas dosis de átomos contaminantes, capaces de ceder o aceptar electrones.

Mediante cargas deberemos generar una corriente exponiendo la célula fotovoltaica a una radiación luminosa para aprovechar la energía de los fotones. El fotón cede energía a un electrón de la banda de valencia y lo hace pasar a la banda de conducción. Así, se provoca la ausencia de electrones, que crean cargas y establecen una corriente eléctrica. Obtendremos una diferencia de potencial uniendo dos semiconductores que contienen diferentes densidades de cargas positivas o negativas. Esto genera un campo eléctrico. La explicación más completa de cada uno de los elementos con los que se conforma los

sistemas de energía solar se encuentran enumerados a continuación con un breve explicación de fácil comprensión.

1. **PANEL FOTOVOLTAICO:** Se compone de un conjunto de células de silicio, las más eficientes suelen ser las de silicio monocristalino, conectadas eléctricamente, encapsuladas (para protegerlas de la intemperie) y montadas sobre una estructura de soporte o marcos. Proporcionan en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico, ver Figura 4.



**Figura 4 Panel Solar Foto Voltaico (Punto Energia Italia)**

2. **REGULADOR:** Tiene como objetivo evitar que se sobre cargue la batería. En la fase de carga durante el día su misión es garantizar una carga adecuada en el acumulador, mientras que en la fase de descarga durante las horas sin luz, es permitir el suministro adecuado hacia los puntos de consumo sin que se descarguen las baterías, ver Figura 5.



Figura 5 Regulador de Carga (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>)

3. BATERIAS: Acumulan la energía eléctrica generada por las placas durante el día para su posterior utilización cuando no haya sol. Se pueden diferenciar según el electrolito utilizado varios tipos. Plomo-ácido, Níquel-cadmio Ni-Cd, Níquel-metal hidruro Ni-Mh o Ión litio Li ion. También por su tecnología que puede ser tubular estacionaria, de arranque, solar o gel, ver Figura 6.



Figura 6 Baterías Solares (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>)

4. INVERSOR: Se encarga de convertir la corriente continua que generan las placas solares en corriente alterna para que pueda ser utilizada en la red eléctrica de la vivienda (220 V y una frecuencia de 50 Hz) ver Figura 7.



Figura 7 Inversor Paneles Solares (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>)

Estos componentes se unifican y se implementa de la siguiente manera en una instalación de forma residencial o industrial según las necesidades que se quieran cubrir como se observa en la Figura 8, las dos clases de sistemas fotovoltaicos que se pueden llegar a son los que se pueden manejar con inversor de corriente DC /AC o los sistemas directos de DC sin inversor.

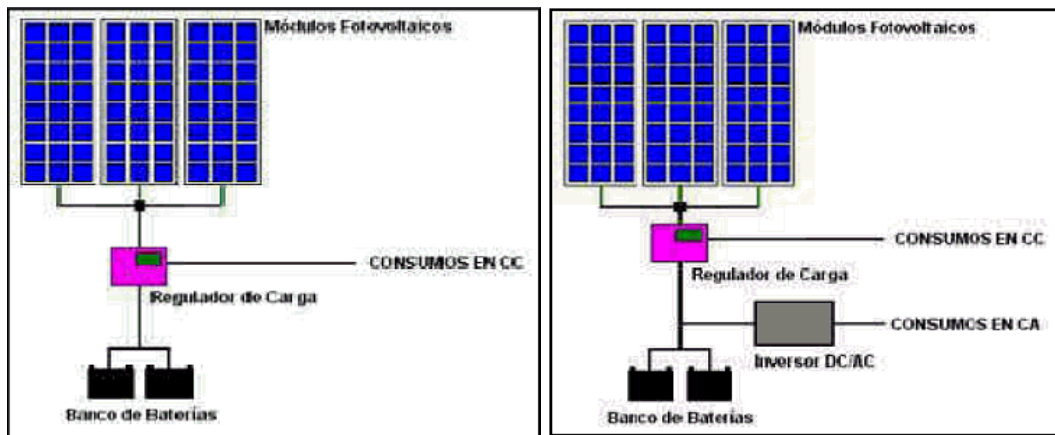


Figura 8 Clases de Sistemas Fovoltaiicos (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>)

Las ventajas y desventajas para una instalación aislada de red de autoconsumo son el rendimiento en energía que genera la instalación de este tipo de energías limpias. En nuestras latitudes es muy recomendable, se puede alcanzar una potencia de hasta 1.000 W por m<sup>2</sup> en un día despejado al mediodía, sin obstáculos con sombras.

Al igual que una instalación solar térmica se alimenta del calor, si la instalación se ha diseñado, calculado, construido y mantenido de manera adecuada, será una instalación que funcionará correctamente y con una larga vida útil.

El coste de la instalación disminuye conforme se desarrolla la tecnología, mientras que el coste del combustible va aumentando porque las reservas tienden a agotarse.

El montaje rápido de la instalación, requiriendo un mantenimiento mínimo, aunque también se precisa una revisión periódica para comprobar el correcto estado de la instalación y limpieza de la cara de los paneles expuesta al sol, es una energía renovable, inagotable, limpia, innovadora y con un futuro de implementación en la mayoría de los hogares de todo el mundo por sus beneficios al medio ambiente.

Una de las formas de la instalación fotovoltaica en una casa unifamiliar de manera amigable al entorno se puede ver en la Figura 9.

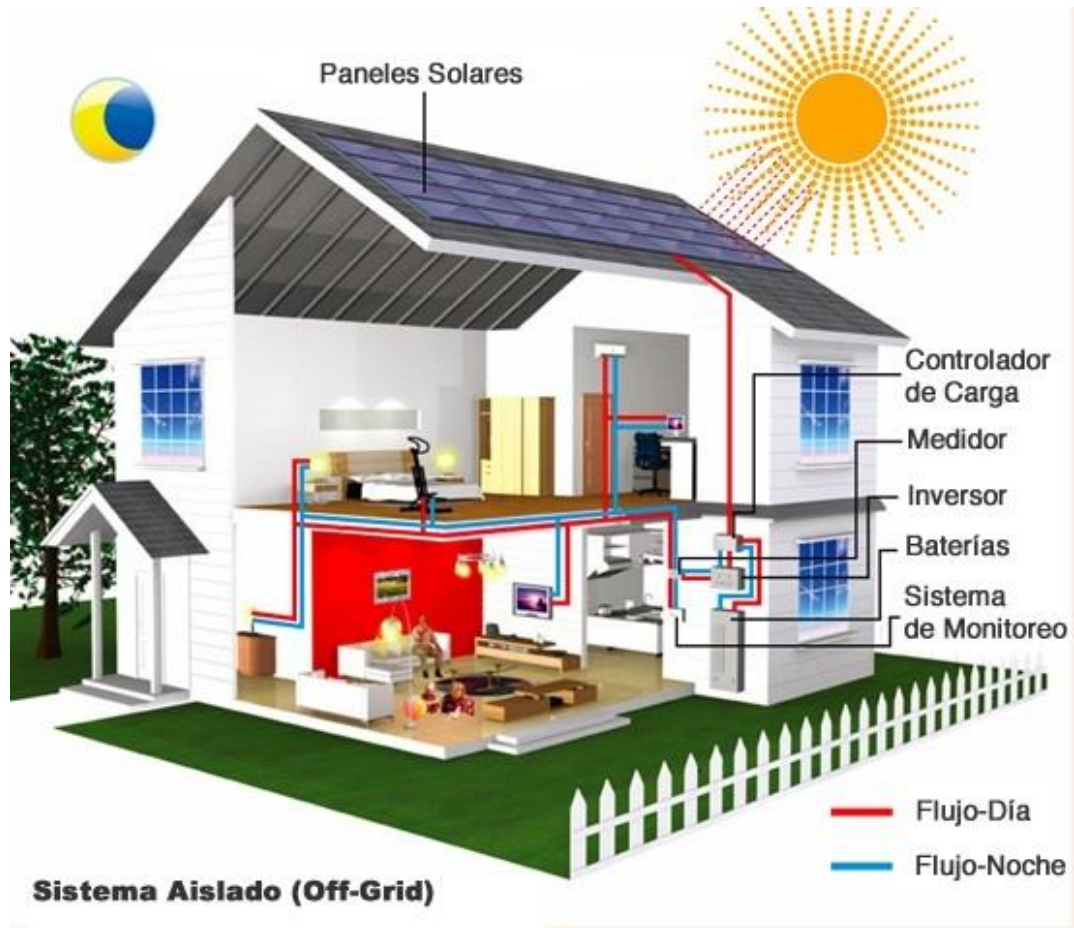


Figura 9 Sistema De Fotovoltaico Aislado En Casa De Campo  
 (<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>)

## Funcionamiento y componentes de una instalación de autoconsumo fotovoltaico inyectado a red

Es un modelo de conexión entre un pequeño productor de energía eléctrica renovable para autoconsumo (fotovoltaica) y la red eléctrica general, en el cual hay un intercambio de electricidad.

Bajo este esquema, un pequeño productor instala paneles solares fotovoltaicos en su hogar para producir un volumen de electricidad que consume directamente en su casa. En el momento en el que sus paneles solares fotovoltaicos produzcan más electricidad de la que consume, el pequeño productor vuelca los excedentes a la red eléctrica general.

Por otro lado, en los momentos en los que necesite energía eléctrica y los paneles fotovoltaicos no estén funcionando, el pequeño productor puede tomar de la red eléctrica la energía que necesita. En este esquema, el pequeño productor no cuenta con una batería donde almacena la energía, sino que emplea la red eléctrica como soporte para los momentos en los que no puede generar electricidad él mismo.

Todas las inyecciones de electricidad a la red por parte del pequeño productor, así como la cantidad que este toma de la red son contabilizadas por un contador de doble sentido, finalizado cada día (o el periodo establecido) se contabiliza la diferencia entre la energía que ha inyectado el pequeño productor a la red y la que ha tomado de la misma, si el pequeño productor ha consumido más energía de la red que la que ha inyectado, la compañía eléctrica cobrará la diferencia, con un recibo normal.

En cambio, si es el pequeño productor fotovoltaico el que ha inyectado más electricidad de la que ha consumido, la compañía eléctrica deberá compensarle de manera adecuada, ya sea “guardando” el saldo favorable de energía para que, en los periodos menos favorables de producción eléctrica del año, el pequeño productor pueda recuperarla, como compensándolo económicamente. Será cada legislación o el acuerdo alcanzado con la compañía eléctrica la que determine estos puntos.

Una de las ventajas de este sistema es que se necesitan menos componentes que en el caso de los sistemas fotovoltaicos aislados, ya que no requiere de una batería que almacene la energía sobrante, por lo que resultan más económicos. Así, un sistema fotovoltaico de autoconsumo con conexión a red en balance neto o net metering sólo requiere de los siguientes elementos.

1. **PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS:** Son los encargados de transformar la luz solar en energía eléctrica. Los paneles solares producen electricidad en corriente continua (CC). Ver Figura 4.

2. **INVERSORES:** Es el componente del sistema que transforma las características de la corriente eléctrica que producen los paneles para hacerla apta para el uso doméstico transforman la electricidad de corriente continua, que es como sale de los paneles, a corriente alterna que es como se usa en las viviendas. También estos sistemas transforman la corriente eléctrica de 12 V, el voltaje con el que suelen salir del campo de paneles, a 240 V o 120 V que es el que requieren las viviendas de Europa y América respectivamente. Ver figura 7.

El inversor puede ser un único aparato que transforma toda la corriente que llega del campo de paneles o bien tratarse de micro inversores acoplados a cada uno de los paneles que transforman de manera individual la corriente generada por cada único panel.

3. **CONTADORES DE DOBLE SENTIDO:** Es el elemento que contabiliza por un lado la cantidad de electricidad sobrante que la vivienda no ha usado y que inyecta a la red como por otro la que la vivienda toma de la red. Este tipo de contadores son semejantes a los que las compañías eléctricas tienen instalados en las vivienda, sólo que con la función de descontar. Ver figura 8.



Figura 10 Contador de Doble Sentido (Normativa de Medición neta (net-metering, 2014)

Otra forma de instalación la cual retroalimenta de energía solar que no se utiliza en el sistema instalado y se le suministra a la red de electricidad comercial, donde se implementa los contadores de doble sentido como se puede ver en la Figura 10



Figura 11 Sistema con Retroalimentación a Red Eléctrica comercial  
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>

### 3.2 Localización

El Municipio de Sahagún está ubicado en la parte nororiental del departamento de Córdoba. Ver Figura 12, y su cabecera municipal se encuentra localizada a los  $08^{\circ} 56' 58''$  de latitud norte y  $75^{\circ} 26' 52''$  de longitud oeste. Se encuentra a 71 Km de la capital del departamento; a una altura de 75 m.s.n.m. y una temperatura media de  $26.9^{\circ}\text{C}$



Figura 12 Mapa corregimiento Sahagún (COLOMBIA)

### 3.2.1 Macro localización

El Municipio de Sahagún está ubicado en el departamento de Córdoba al noroeste de la república de Colombia, a orillas del Mar Caribe, con una extensión de 23.980 kilómetros cuadrados. Está localizado entre los  $09^{\circ} 26' 16''$  y  $07^{\circ} 22' 05''$  de latitud norte, y los  $74^{\circ} 47' 43''$  y  $76^{\circ} 30' 01''$  de longitud oeste. Su clima varía, con promedios desde los  $28^{\circ}\text{C}$  en la zona costera hasta los  $18^{\circ}\text{C}$  en las zonas altas de la cordillera occidental, Ver Figura 13.



Figura 13 Macro localización Municipio Sahagún

(Jiménez, 2014)

### 3.2.2 Características del Producto para una posible implementación

En una posible implementación del sistema solar se puede llegar a utilizar:

1. Panel solar, PV Tech Photovoltaic Modules 250W PV Module Model No. ZXM250W36V-15601



Figura 14 Panel Solar PV Tech Photovoltaic 250 W

Dimensiones: 1956mm \* 992mm \* 50mm

Peso: 28kgs

- Bajo Hierro Vidrio templado: Anti - reflejo revestimiento y alta vidrio velocidad de transmisión aumentar la potencia de salida y resistencia mecánica del módulo solar.
- Marco de Aluminio: Sin tornillo, conexión de la esquina. 10 hoyos en el bastidor se pueden instalar fácilmente.
- Superior Junction Box: la caja de conexiones multifunción con agua capacidades de prueba.
- Vida útil larga:  $\geq 25$  años.
- El buen desempeño de la prevención del tiempo atroz tales Como el viento y el granizo, resistiendo la humedad.

## 2. Controlador de Carga PWM Xantrex :



**Figura 15 Controlador de Carga PWM Xantrex**

- 60 A para baterías de 12, 24, 36 y 48 V.
- MPPT suministra la potencia máxima disponible del grupo de paneles PV al banco de baterías y genera hasta un 30% más potencia que los controladores de carga PWM.
- Protección integrada contra fallos a tierra del PV.
- Diseño refrigerado por convección, y no se requiere ventilador de refrigeración.
- Pantalla de cristal líquido (LCD) de dos líneas y 26 caracteres, y cuatro botones para la configuración y la supervisión del sistema en aplicaciones independientes.

### 3. Batería monoblock AGM 120Ah



Figura 16 Batería monoblock AGM 120Ah

La batería monoblock AGM 120Ah sin mantenimiento es el tipo de batería más adecuado para los sistemas fotovoltaicos puesto que dan una vida muy duradera y ofrecen un gran rendimiento cuando se trata de cargas y descargas lentas. La batería monoblock AGM 120Ah sin mantenimiento es cómoda de transportar , vienen compactadas en un sólo bloque por lo que permite ser transportada con facilidad.

### 4. Inversores de Onda Sinusoidal Modificada



Estos Inversores de onda sinusoidal modificada CD-CA de alta eficiencia, convierten 12VCD o 24VCD a 120VCA, 60 Hz.

Las características incluyen:

- Sobrecarga
- Sobre-temperatura
- Protección de voltaje de entrada baja y alta.
- La luz LED de enfrente indica el voltaje de la batería y el nivel de energía de salida.

El principio elemental en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento, que abastece el consumo cuando sea necesario.

Este mecanismo tan sencillo y al mismo tiempo eficaz, resulta muy útil en múltiples aplicaciones, tanto en el ámbito doméstico como en el industrial; basta con señalar algunas de ellas como: la iluminación, el funcionamiento de los electrodomésticos del hogar y sistemas de agua caliente para uso doméstico

Así, la posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, esto hace que la tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo.

### **Elementos principales de una instalación solar:**

Captadores solares, Se han diseñado distintas y avanzadas versiones de captadores solares térmicos con el objetivo de incrementar la cantidad de energía absorbida y disminuir las pérdidas. Aunque los más comunes son los captadores planos, que utilizan como fluido el agua, en la actualidad también se comercializan otros tipos de captadores que cuentan con gran aceptación en el mercado.

Entre ellos cabe destacar el captador solar de vacío, que consigue temperaturas más elevadas de funcionamiento, y los captadores solares de aire, que se utilizan fundamentalmente en los climas fríos para calentar el espacio.

Tecnologías de baja temperatura, la energía solar denominada de baja temperatura es la que acostumbramos a utilizar en el ámbito doméstico y suele instalarse en azoteas de vivienda o edificios comerciales. El procedimiento en el que se basan estos sistemas de captación solar es muy simple, pero a la vez de gran utilidad para el hombre por los servicios que ofrece en multitud de aplicaciones.

Por aprovechamiento de baja temperatura se entiende todos aquellos sistemas de energía solar en los que el fluido calentado no sobrepasa los 100 °C. Estas instalaciones se caracterizan por emplear como elemento receptor de energía un captador fijo de placa plana o un captador solar de vacío.

### **3.2.3 Parámetros de diseño sistema eléctrico**

Los datos que se debe tener para la selección de los componentes adecuados para la instalación del sistema eléctrico son:

1. los datos de consumo que maneja cada uno de los elementos que estarán conectados en la red eléctrica nevera, televisores, la iluminación, etc...en nuestro caso de estudio de autonomía mediante el SFV (sistema Fotovoltaico) como se puede observar en la tabla No3 Cuadro de cargas casa Sahagún.

2. Los valores de incidencia solar que se presentan en la zona de Sahagún municipio de Córdoba o en la zona geográfica de referencia la cuales son las sabanas de Sucre, Córdoba, Valledupar y las riberas del río Cauca, donde oscila la incidencia solar entre 4,5 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup> día (Termodinámica, 2009).

3. Selección de los electrodomésticos o los equipos de la casa que se van a alimentar de energía solar en el caso de una eventual falla de energía eléctrica que sirva de respaldo cuando se presente, se recomienda que sean los equipos de primera necesidad de la casa, como se observa en la tabla No 4 Equipos de primera necesidad.

4. Con los temas anteriores claros se realizara los cálculos necesarios para el diseño de red de energía solar que se podría ejecutar para la casa de Sahagún que se utilizara de ejemplo.

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica	Potencia nominal en Vatios	Horas (día)	Energía Wh (día)	Energía kWh (día)	Energía KWh (mes)
Bombilla incandescente 15 W	10	15	150	4	600	0.6	18
Televisor convencional 100 W	2	100	200	10	2000	2	60
Equipo de sonido 100 W	1	60	60	8	480	0.48	14.4
Computador Portatil	1	80	80	4	320	0.32	9.6
Juegos electrónicos y DVD 60W	1	60	60	1	60	0.06	1.8
Ventilador de techo 167W	3	165	495	8	3960	3.96	118.8
Ventilador piso pequeño 57W	2	57	114	8	912	0.912	27.36
Lavadora doméstica 450W	1	450	450	1	450	0.45	13.5
Horno microondas 770W	1	770	770	0.2	154	0.154	4.62
Plancha 1000W	1	100	100	0.10	10	0.01	0.3
Nevera 10-12 pies 130W	1	130	130	18	2340	2.34	70.2
Licuadora 300W	1	300	300	0.1	30	0.03	0.9
<b>Totales</b>			<b>2909 Wh/día</b>		<b>11316 Wh/ día</b>	<b>11.316 KW/día</b>	<b>339.48 KW /Mes</b>

Nota, este cuadro de cargas contempla la carga de luz con bombillos ahorradores a 15 W brindando y todas las cargas que se contemplan para una casa.

**Tabla 3 Cuadro de Cargas Casa Sahagún**

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica	Potencia nominal en Vatios	Horas (día)	Energía Wh (día)	Energía kWh (día)	Energía KWh (mes)
Bombilla incandescente 15 W	10	15	150	4	600	0.6	18
Nevera 10-12 pies 130W	1	130	130	4	520	0.52	15.6
<b>Totales</b>	<b>11 Unidades</b>	<b>145 Watts</b>	<b>280 Wh/día</b>	<b>4 Horas</b>	<b>1120 Wh/día</b>	<b>1.12 KW/día</b>	<b>33.6 KW/Mes</b>

Nota, este cuadro de cargas contempla la carga de luz con bombillos ahorradores a 15 W brindando 4 horas seguidas de luz y energía a la nevera.

**Tabla 4 Cuadro de Cargas Equipos De Primera Necesidad casa Sahagún.**

### **3.2.4 Cálculos Del Sistema Eléctrico**

Con los cuadros de carga encontrados en la tabla No1 y No2, como la base del estudio de energía solar a brindar con un sistema eléctrico fotovoltaico, se estudiara cuál de las dos propuestas es mejor para una eventual instalación en los hogares de Sahagún, si la propuesta de toda la casa con alimentación de energía solar o solo la de las cargas prioritarias básicas en una familia en Sahagún Córdoba si se presenta una eventual falla en la red eléctrica comercial.

La decisión final del estudio se basara en los costos de los equipos que se instalaran y de los beneficios que tenga cada una de los sistemas propuestos dentro del estudio de factibilidad del sistema fotovoltaico.

Los cálculos realizados para la toma de decisión de los equipos a comprar para las soluciones buscadas para la alimentación por medio de energía solar, se verán a continuación se estudiara los elementos y equipos para la instalación del diseño del sistema eléctrico fotovoltaico para la alimentación de toda la casa, es necesario tener claro las características de los paneles o celdas, valores de carga de las baterías a usar, el inversor si es necesario dentro del diseño y el controlador que se necesita para el manejo del sistema.

Como la radiación solar varía de año en año y también el consumo de electricidad tiende a ser fluctuante. Por lo tanto, aun cuando se haya calculado cuidadosamente el tamaño del sistema, pueden surgir ciertas carencias de tiempo en tiempo.

La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente formula:

$$Ar = 1200 * \frac{Ed}{Id}$$

Ed	Consumo de electricidad (kWh / día)
Ar	Tamaño del panel (Wp)
Id	Irradiación (kWh / m <sup>2</sup> / día)

**Formula 1 Tamaño Sistema Fotovoltaico Ar**

**(Gratis)**

Para nuestro primer caso, sistema fotoeléctrico para toda la casa unifamiliar, nos vamos a la tabla No 1, de donde sacamos la información del Ed, el factor de irradiación ya lo obtuvimos de los caso en particular el cual lo encontramos en los criterios y factores condicionantes el cual es para Llanos Orientales (Valle río Orinoco) y sabanas de Sucre, Córdoba, Valledupar y las riberas del río Cauca, entre 4,5 y 5,0 kWh/m<sup>2</sup> día (Gratis).

$$Ar = 1200 * \frac{\left(11316 \frac{\text{KW}}{\text{día}} + (17\% \text{ perdidas})\right)}{5,0 \frac{\text{KWh}}{\text{m}^2}} = 1200 * \frac{13313}{5,0} = 3,195 \text{ Kwp}$$

Luego el tamaño del panel será 3,195 K Watts pico. Como no existe un panel con tal generación de potencia, tenemos que seleccionar una determinada cantidad de paneles

con potencias más bajas, que sumados en total obtengamos 3,195 K Watts pico. Para cumplir las características de lo solicitado nos referimos a los anexos de catálogos usados para el estudio. En este caso toma el panel solar, Modelo PV Tech Photovoltaic Modules 250W PV Module Model No. ZXM250W36V-15601, Con el que se obtendría un valor total de 250 W por panel solar, obtenemos:

$$No\ paneles = \frac{Ar}{wp(Panal\ solar)}$$

**Formula 2 Número de Paneles Solares**

Donde se tiene  $Ar= 3,195\ KWp$  y  $Wp=250W$

$$No\ paneles = \frac{3195\ Wp}{250\ W} = 11,08 = 12\ Paneles$$

La totalidad de paneles que se deben utilizar para la para brindar energía a toda la casa en una eventual falla de energía es de 12 paneles.

Con la cantidad de paneles ya obtenidos se puede dimensionar ahora la batería que cargaran para el sistema solar que se quiere instalar.

El tamaño de la batería solar de almacenamiento también depende de la importancia de la confiabilidad del suministro de potencia. En muchos de los casos es suficiente un almacenamiento en baterías de 2 o 3 días (Gratuita), en nuestro caso se toma a decisión de

1.5 días sin radiación solar, como se puede ver en la fórmula 3 Cálculo del tamaño de la batería.

$$Tamaño = (AUT \times Ed) / (REND \times DESC)$$

AUT(Autonomía- días sin brillo solar)	2 días
Ed Consumo de electricidad (kW/ día)	13.313 kW/día
REND (eficiencia de la batería)	80%
DESC (descarga de la batería)	30%

Formula 3 Cálculo del Tamaño de la Batería

$$Tamaño = \frac{(2 \text{ dias} \times 13.313 \text{ KW/día})}{0.8 \times 0.3} = \frac{26626}{0.24} = 110.941 \text{ W}$$

Con el valor obtenido del tamaño de la batería se busca la cantidad de las baterías necesarias a instalar dentro del sistema, esto se realiza con la fórmula 4.

Número de baterías necesarias:

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = \frac{Tamaño}{Ah \times V}$$

Ah	cantidad de amperios hora
V	Voltios que maneja la Batería.

Formula 4 Número de baterías.

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = \frac{110.941 \text{ KW}}{740 \times 24} = 16; \text{ Aprox} = 16 \text{ Baterías}$$

El tamaño de la unidad de control está determinado por la máxima corriente que puede esperarse del sistema fotovoltaico. Esta puede ser tanto la corriente de los paneles a la batería y/o uso final, o la corriente de la batería hasta el uso final. Ambas corrientes máximas deben calcularse para determinar la capacidad de la unidad de control.

Por lo tanto se concluye que en los sistemas solares autónomos o sistemas fotovoltaicos domiciliarios (SFD), los controladores de carga protegen a la batería de una descarga profunda (descarga extrema, demasiada energía consumida) o de sobrecarga (carga extrema, demasiada energía proveniente del panel solar).

El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste desconecta las cargas cuando la batería está casi completamente descargada. Todos los sistemas solares domiciliarios cuentan con un controlador de carga.

El controlador se compra según la máxima corriente que pasa, este valor lo extraemos de la formula 5.

$$\text{Panel} - \text{batería} = 250 \text{ Wp y Batería de } 24 \text{ V} = 250/24 = 10,41 \text{ A}$$

**Formula 5 Medida de corriente Controlador.**

Por la importancia que llega a tener el controlador se decide utilizar Steca PR PR 1010, PR 1515, PR 2020, PR 3030 el cual como se muestra en los anexos técnicos es uno de los mejores y que cumple con los requerimientos del caso de estudio, con las características,



Figura 17 Controlador De Carga

La selección del inversor en todos los casos de implementación de energía solar como nuestra fuente de alimentación, es cuando el cliente necesita utilizar equipos que se alimentan con energía alterna (220 o 110 AC), se deberá utilizar un inversor.

Aunque ésta no es siempre la mejor opción desde el punto de vista de la eficiencia energética, implica que la salida de un sistema fotovoltaico sea cambiada de voltaje bajo continuo a 220 ó 110 V, 60 ó 50 Hertz, AC (Gratuita)

Un inversor puede parecer una solución fácil para convertir toda la salida del sistema solar a una potencia AC estándar pero tiene varias desventajas. La primera es que aumenta el costo y complejidad de sistema. Para muchas aplicaciones no es necesario en lo absoluto utilizar un inversor. (Gratuita).

Los resultados obtenidos del estudio en el primer sistema con la alimentación completa se observa en el Cuadro No 1 Resultado sistema de alimentación completo.

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica	Potencia nominal en Vatios	Horas (día)	Energía Wh (día)	Energía kWh (día)	Energía KWh (mes)
Bombilla incandescente 15 W	10	15	150	4	600	0.6	18
Televisor convencional 100 W	2	100	200	10	2000	2	60
Equipo de sonido 100 W	1	60	60	8	480	0.48	14.4
Computador Portatil	1	80	80	4	320	0.32	9.6
Juegos electrónicos y DVD 60W	1	60	60	1	60	0.06	1.8
Ventilador de techo 167W	3	165	495	8	3960	3.96	118.8
Ventilador piso pequeño 57W	2	57	114	8	912	0.912	27.36
Lavadora doméstica 450W	1	450	450	1	450	0.45	13.5
Horno microondas 770W	1	770	770	0.2	154	0.154	4.62
Plancha 1000W	1	100	100	0.10	10	0.01	0.3
Nevera 10-12 pies 130W	1	130	130	18	2340	2.34	70.2
Licuada 300W	1	300	300	0.1	30	0.03	0.9
<b>Totales</b>			<b>2909 Wh/día</b>		<b>11316 Wh/ día</b>	<b>11.316 KW/día</b>	<b>339.48 KW /Mes</b>

<b>Voltaje del Sistema</b>	120 V Ac
<b>Insidencia Solar</b>	5
<b>Cantidad de Paneles</b>	12 Unidades
<b>Numero de Baterias</b>	16 unidades
<b>Convertidor a 110 V ac</b>	1

Tabla 5 Resultado sistema de Alimentación Completo.

Teniendo claras las fórmulas para el cálculo para la obtención de los valores de equipos como se vio anterior mente.

Ahora obtendremos los valores para los sistemas de cargas de primera necesidad, si se llega a presentar una falla en la energía eléctrica durante cuatro horas seguidas, generando el respaldo con el sistema de energía solar.

Se realizan los cálculos con los valores de la tabla No 2 de cargas de primera necesidad, a continuación

$$Ar = 1200 * \frac{(1.12KW/dia)}{5,0 \frac{kWh}{m^2}} = 224 Wp$$

Resultado con Sistema de luz a 15 W

Luego el tamaño del panel de los sistemas con cargas básicas esenciales con los con un tamaño de 224 Wp con luz ahorradora a 15 W.

Se genera la búsqueda de la cantidad de paneles necesarios para los sistemas y como no hay panel con tal generación de potencia, tenemos que seleccionar una determinada cantidad de paneles con potencias más bajas, que sumados en total obtengamos los valores que cumplan las los valores de potencia.

Para cumplir las características de lo solicitado nos referimos a los anexos de catálogos usados para el estudio.

Para cumplir las características de lo solicitado nos referimos a los anexos de catálogos usados para el estudio. En el caso de usar un sistema con cargas ahorradoras, se tomó la decisión de usar el panel solar, Modelo PV Tech Photovoltaic Modules 85W PV Module Model No. ZXM085W18V-12501, Con el que se obtendría un valor total de 85W por panel solar, obtenemos:

Con cargas de ahorradoras se tiene  $A_r = 224 \text{ Wp}$  y  $W_p = 85 \text{ W}$

$$\text{No paneles} = \frac{224 \text{ Wp}}{85 \text{ W}} = 2.63 = 3 \text{ Paneles}$$

La totalidad de paneles que se deben utilizar para la para brindar energía a toda la casa en una eventual falla de energía es de 3 paneles con cargas de ahorro de 15 W y la nevera es de aproximadamente 3 paneles.

El tamaño de la batería solar de almacenamiento puede variar según el sistema por lo que es necesario calcularla también usando la fórmula 3 Cálculo del tamaño de la batería.

Ed Consumo de electricidad carga incandescente	1.12 kW/dia
--	-------------

$$Tamaño = \frac{(2 \text{ dias} \times 1.12 \text{ KW/dia})}{0.8 \times 0.3} = \frac{2240}{0.24} = 9.33 \text{ KW}$$

Con cargas de luz incandescente se obtiene un tamaño de batería de 9.33 KW

Con el valor obtenido del tamaño de la batería se buscara la cantidad de las baterías necesarias a instalar dentro del sistema, esto se realiza con la fórmula 4.

Número de baterías necesarias:

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = \frac{\text{Tamaño}}{\text{Ah} \times \text{V}}$$

$$N^{\circ} \text{ de Baterías} = \frac{9.33 \text{ KW}}{146 \times 24} = 2.66; \text{ Aprox} = 3 \text{ Baterías}$$

Se necesitan 3 baterías para la generación de energía básica con bombillos ahorradores durante una eventual falla de la red que dure 4 horas continuas.

Electrodoméstico	Cantidad	Potencia Eléctrica	Potencia nominal en Vatios	Horas (día)	Energía Wh (día)	Energía kWh (día)	Energía KWh (mes)
Bombilla incandescente 60 W	10	15	150	4	600	0.6	18
Nevera 10-12 pies 130W	1	130	130	4	520	0.52	15.6
<b>Totales</b>	<b>11 Unidades</b>	<b>145 Watts</b>	<b>280 Wh/día</b>	<b>4 Horas</b>	<b>1120 Wh/día</b>	<b>1.12 KW/día</b>	<b>33.6 KW/Mes</b>

<b>Voltaje del Sistema</b>	120 V Ac
<b>Insidencia Solar</b>	5 kWh/m2 día
<b>Cantidad de Paneles</b>	3 Unidades
<b>Numero de Baterías</b>	3 unidades
<b>Convertidor a 110 V ac</b>	1

Tabla 6 Resultado sistema de Alimentación Primera Necesidad.

### 3.2.5 Requerimientos de Mano de Obra, Materia Prima e Insumos

Las propuestas de los dos tipos de sistemas al que se hicieron, se les solicitó una cotización generando como resultados la utilización de los siguientes materiales para una posible implementación:

1. Sistema de auto abastecimiento general de la vivienda.

<b>MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA INTALACION SISTEMA GENERAL</b>	
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
12	Panel Solar 250 w 24 vdc
16	Batería Ciclo Profundo 6V 370 Ah
1	Controlador de Carga MPPT 48vdc 80amp Outback
1	Inversor Cotek 3,5,kva; Onda Seno 48vdc 120vdc 60 hz
1	Gabinete Tipo intemperie para Baterías controlador y Protecciones
1	Soporte Metálico para paneles
1	Materiales, Protecciones y accesorios pre-ensamble incluido SPT
1	Transporte Materiales y Equipos
1	Viáticos Personal Técnico
1	Mano de Obra instalación llave en mano

Tabla 7 Costos Mano de Obra y Materia Prima Instalación Sistema General

2. Sistema de abastecimiento primera necesidad falta de energía eléctrica.

<b>MANO DE OBRA Y MATERIA PRIMA INTALACION SISTEMA CARGAS BASICAS</b>	
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
2	Panel Solar 180 w 24 vdc
2	Bateria AGM 12V 120 Ah
1	Controlador de Carga PWM Xantrex 12/24 35 amp
1	Inversor Cotek 1,kva; Onda Seno 24vdc 120vdc 60 hz
1	Gabinete Tipo intemperie para Baterías controlador y Protecciones
1	Soporte Metalico para paneles
1	Materiales, Protecciones y accesorios pre-ensable incluido SPT
1	Transporte Materiales y Equipos
1	Viaticos Personal Tecnico
1	Mano de Obra instalacion llave en mano

Tabla 8 Mano de Obra y Materia Prima Instalación sistema Cargas Básicas

### 3.2.6 Distribución General y Planos Arquitectónicos

En la siguiente imagen evidenciaremos un plano básico de una casa promedio de dos pisos.



Figura 18 Plano Arquitectónico Casa Sahagún.

(<http://verplanos.com/wp-content/uploads/2013/05/planos-primer-y-segundo-piso.jpg>)

### **3.2.7 Impacto Ambiental**

Los efectos de la energía solar fotovoltaica sobre los principales factores ambientales son los siguientes:

**Clima:** la generación de energía eléctrica directamente a partir de la luz solar no requiere ningún tipo de combustión, por lo que no se produce polución térmica ni emisiones de CO<sub>2</sub> que favorezcan el efecto invernadero.

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

**Suelo:** al no producirse ni contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, la incidencia sobre las características físico-químicas del suelo o su erosionabilidad es nula.

**Aguas superficiales y subterráneas:** No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

**Flora y fauna:** la repercusión sobre la vegetación es nula, y, al eliminarse los tendidos eléctricos, se evitan los posibles efectos perjudiciales para las aves.

**Paisaje:** los paneles solares tienen distintas posibilidades de integración, lo que hace que sean un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su impacto visual. Además, al tratarse de sistemas autónomos, no se altera el paisaje con postes y líneas eléctricas.

**Ruidos:** el sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor en viviendas aisladas.

**Medio social:** El suelo necesario para instalar un sistema fotovoltaico de dimensión media, no representa una cantidad significativa como para producir un grave impacto. Además, en gran parte de los casos, se pueden integrar en los tejados de las viviendas. ([http://www.iie.org.mx/proyecto-fotovoltaico/preg\\_12.htm](http://www.iie.org.mx/proyecto-fotovoltaico/preg_12.htm))

## **4 ASPECTOS FINANCIEROS Y EVALUACION FINANCIERA**

### **4.1 Inversiones y Financiamiento**

Durante los últimos años las instalaciones de energía solar fotovoltaica no han experimentado una alteración sustancial de precios, ni es previsible que lo hagan en los próximos años. Las posibles rebajas en este tipo de instalaciones pueden venir motivadas por las mejoras en el proceso de fabricación de los captadores solares, o por una disminución de los precios de venta al público como consecuencia del crecimiento de mercado.

La energía proviene del Sol por lo tanto, lo que supone una gran inversión es la adquisición y montaje de la instalación para la producción de energía y el consumo necesario en una vivienda, cuando se presenten los cortes de energía en la zona. No obstante esta inversión se recuperaría, al sustituir una energía convencional por otra mucho más económica.

Desde el mismo momento en que pongamos en marcha nuestra instalación solar, nos traerá beneficios en el caso de una falla de energía y sin poner en riesgo en los picos de energía cuando llegue la energía comercial, en función de la energía solar esta tecnología nos ayudará a disminuir nuestra dependencia energética del exterior que, al fin y al cabo, es un buen método de garantizar el suministro de energía con total autonomía. (Energía, 2006)

Los costos de operación y mantenimiento de una instalación solar bien diseñada y correctamente instalada, dependiendo del tipo de instalación que desee el usuario con carga total para la casa o solo los elementos de primera necesidad.

Para el caso de viabilidad que se está trabajando la inversión la debe realizar directamente el cliente que solicite la instalación del sistema de energía solar, o el mismo usuario puede buscar ayuda de parte del gobierno regional para esta inversión que promueve las energías alternativas como la solución a las fluctuaciones en el servicio de energía eléctrica.

Dentro del anexo de la cotización realizada por IMSOLTEC SAS, se encuentra los Forma de pago la cual es: 70% anticipado y 30% contra entrega a satisfacción. Este sistema tiene si se llega a instalarse tiene las siguientes condiciones de garantía:

Paneles solares: 20 años de garantía en producción de energía: la garantía de producción de energía de largo plazo se hará efectiva si el modulo presenta una producción de energía menor al 90% de la potencia nominal original especificado al momento de realizada la venta dentro del plazo de 10 años o de menos del 80 % dentro del plazo de 20 años posterior a la fecha de venta al cliente. Los valores de potencia deberán ser aquellos medidos a las condiciones estándar de medición. 2 años de garantía en paneles por defectos de fabricación.

Controladores de carga Baterías, Inversor y metalmecánica: 24 meses de garantía siempre y cuando las fallas ocurran bajo condiciones normales de uso. La garantía ofrecida no cubre ningún tipo de daño ocasionado por mal manejo negligencia o caso fortuito.

#### 4.1.1 Estructura de Capital y Financiamiento

#### 4.2 Costos

Para la ejecución del estudio en la alimentación de energía solar en la vivienda del municipio de Sahagún Córdoba, la instalación de la carga total de la casa de un sistema de energía eléctrica solar se debe contar con un total de **\$ 60.296.800 M/CTE**, en donde se incluye, el transporte, la instalación de los equipos, los equipos y la mano de obra.

PROPUESTA ECONÓMICA DE INSTALACION CARGA TOTAL			
Cant.	Descripción	Valor Unit.	Valor Total
12	Panel Solar 250 w 24 vdc	\$ 540.000	\$ 6.480.000
16	Batería Ciclo Profundo 6V 370 Ah	\$ 1.350.000	\$ 21.600.000
1	Controlador de Carga MPPT 48vdc 80amp Outback	\$ 2.950.000	\$ 2.950.000
1	Inversor Cotek 3,5,kva; Onda Seno 48vdc 120vdc 60 hz	\$ 7.350.000	\$ 7.350.000
1	Gabinete Tipo intemperie para Baterías controlador y Protecciones	\$ 1.200.000	\$ 1.200.000
1	Soporte Metálico para paneles	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000
1	Materiales, Protecciones y accesorios pre-ensamble incluido SPT	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
1	Transporte Materiales y Equipos	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
1	Viáticos Personal Técnico	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
1	Mano de Obra instalación llave en mano	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
<b>Sub Total</b>			<b>\$ 51.980.000</b>
<b>Impuestos IVA 16%</b>			<b>\$ 8.316.800</b>
<b>Total con Impuesto</b>			<b>\$ 60.296.800</b>

Tabla 9 Propuesta Económica Instalación Carga Total

Para la ejecución del estudio en la alimentación de energía solar en la vivienda del municipio de Sahagún Córdoba, la instalación de la cargas básicas de la casa con un sistema de energía eléctrica solar se debe contar con un total de **\$ 8.851.960 M/CTE**, en donde se incluye, el transporte, la instalación de los equipos, los equipos y la mano de obra

<b>PROPUESTA ECONÓMICA DE INSTALACION CARGAS DE PRIMERA NECESIDAD</b>			
<b>Cant.</b>	<b>Descripcion</b>	<b>Valor Unit.</b>	<b>Valor total</b>
2	Panel Solar 180 w 24 vdc	\$ 540.000	\$ 1.080.000
2	Batería AGM 12V 120 Ah	\$ 670.000	\$ 1.340.000
1	Controlador de Carga PWM Xantrex 12/24 35 amp	\$ 550.000	\$ 550.000
		\$	
1	Inversor Cotek 1,kva; Onda Seno 24vdc 120vdc 60 hz	1.941.000	\$ 1.941.000
1	Gabinete Tipo intemperie para Baterías controlador y Protecciones	\$ 120.000	\$ 120.000
1	Soporte Metálico para paneles	\$ 200.000	\$ 200.000
1	Materiales, Protecciones y accesorios pre-ensable incluido SPT	\$ 300.000	\$ 300.000
1	Transporte Materiales y Equipos	\$ 600.000	\$ 600.000
1	Viáticos Personal Técnico	\$ 800.000	\$ 800.000
1	Mano de Obra instalación llave en mano	\$ 700.000	\$ 700.000
	<b>Sub Total</b>		<b>\$ 7.631.000</b>
	<b>Impuestos IVA 16%</b>		<b>\$ 1.220.960</b>
	<b>Total con impuesto</b>		<b>\$ 8.851.960</b>

Tabla 10 Propuesta Económica Instalación cargas de primera necesidad

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- banrepcultural.org. (s.f.).  
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/carcol/potlim1.htm>. Obtenido de  
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/carcol/potlim1.htm>:  
<http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/carcol/potlim1.htm>
- Colombia, A. d. (s.f.). <http://www.upme.gov.co>. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de  
<http://www.upme.gov.co>: [http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas\\_Radiacion\\_Solar/2-Mapas\\_Radiacion\\_Solar.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Atlas_Radiacion_Solar/2-Mapas_Radiacion_Solar.pdf)
- Colombia, E. C. (20 de julio de 2012). <http://servoaspr.imprenta.gov.co/>. Recuperado el 30 de Marzo de 2015, de <http://servoaspr.imprenta.gov.co/>:  
[http://servoaspr.imprenta.gov.co/gacetap/gaceta.mostrar\\_documento?p\\_tipo=05&p\\_numero=09&p\\_consec=33528](http://servoaspr.imprenta.gov.co/gacetap/gaceta.mostrar_documento?p_tipo=05&p_numero=09&p_consec=33528)
- COLOMBIA, G. D. (s.f.). *GEOGRAFÍA DE COLOMBIA*. Recuperado el 15 de Marzo de 2015, de GEOGRAFÍA DE COLOMBIA: <https://gecolombia9b.wordpress.com/los-departamentos-colombianos/>
- Energía, I. p. (25 de Octubre de 2006). [www.idae.es](http://www.idae.es). Recuperado el [http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos\\_documentos/Energia\\_Solar\\_Termica.pdf](http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Energia_Solar_Termica.pdf) de 2015 de Abril, de [www.idae.es](http://www.idae.es):  
[http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos\\_documentos/Energia\\_Solar\\_Termica.pdf](http://www.energiasrenovables.ciemat.es/adjuntos_documentos/Energia_Solar_Termica.pdf)
- Gratuita, E. (s.f.). <http://www.electricidad-gratuita.com/dimensionamiento-fotovoltaico%203.html>. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <http://www.electricidad-gratuita.com/dimensionamiento-fotovoltaico%203.html>:  
<http://www.electricidad-gratuita.com/dimensionamiento-fotovoltaico%203.html>
- <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>. (s.f.). Recuperado el 20 de Abril de 2015, de <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>:  
<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html#seccion34>
- <http://verplanos.com/wp-content/uploads/2013/05/planos-primer-y-segundo-piso.jpg>. (s.f.). Recuperado el 14 de Abril de 2015, de <http://verplanos.com/wp-content/uploads/2013/05/planos-primer-y-segundo-piso.jpg>:  
<http://verplanos.com/wp-content/uploads/2013/05/planos-primer-y-segundo-piso.jpg>

[http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preg\\_12.htm](http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preg_12.htm). (s.f.). Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de [http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preg\\_12.htm](http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preg_12.htm): [http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preg\\_12.htm](http://www.iie.org.mx/proyectofotovoltaico/preg_12.htm)

Jiménez, J. B. (2014). <http://www1.upme.gov.co/>. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www1.upme.gov.co/>: <http://www1.upme.gov.co/sgic/sites/default/files/Solar%20Residencial%20Santacruz.pdf>

Normativa de Medición neta (net-metering, b. n. (30 de Septiembre de 2014). *Energía Solar, energía gratis con ZERO.energyon\**. Recuperado el 20 de Abril de 2015, de Energía Solar, energía gratis con ZERO.energyon\*: <http://generaenergiasolarzeroenergyon.blogspot.com/2014/09/normativa-de-medicion-neta-net-metering.html>

*normatividad\_sobre\_energia\_solar\_termica\_y\_fotovoltaica.pdf*. (s.f.). Obtenido de *normatividad\_sobre\_energia\_solar\_termica\_y\_fotovoltaica.pdf*: *normatividad\_sobre\_energia\_solar\_termica\_y\_fotovoltaica.pdf*

Ponentes NANCY DENISE CASTILLO GARCÍA, L. A. (2012). *PONENCIA PARA PRIMER DEBATE AL PROYECTO DE LEY 044 DE 2012 CÁMARA*. Bogotá.

Pueblo, D. d. (Noviembre de 2005). INFORME DE SEGUIMIENTO A LA RESOLUCIÓN DEFENSORIAL N° 29 DE 2004 Sobre “La prestación del servicio de energía eléctrica en la costa Atlántica” Noviembre de 2005. Bogotá, Bogotá, Colombia.

*Punto Energia Italia*. (s.f.). Recuperado el 20 de Abril de 2015, de Punto Energia Italia: <https://www.puntoenergiashop.it/3206/placa-panel-solar-fotovoltaico-10w-12v-autocaravana-barco-chalet-off-grid.jpg>

Termodinámica, C. A. (04 de Mayo de 2009). <http://datateca.unad.edu.co>. Recuperado el Marzo de 2015, de <http://datateca.unad.edu.co>: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358054/energia\\_solar.pdf](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358054/energia_solar.pdf)

[tiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690](http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690), E. (s.f.). <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690>. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690>: <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/colegio-con-energia-solar-en-monteria/15417690>

wikipedia. (s.f.). [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar). Obtenido de [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar): [http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa\\_solar](http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar)

## **6 ANEXOS**

- 6.1 Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KC40T.
- 6.2 Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KC65T.
- 6.3 Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KC85T.
- 6.4 Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KD205GX.
- 6.5 Catálogo Modulo Fotovoltaico Policristalino De Alto Rendimiento KS20.
- 6.6 Catálogo Solar Controler PREC-R.
- 6.7 Catálogo Solar Controler Steca PR PR 1010, PR 1515, PR 2020, PR 3030.
- 6.8 Catálogo Solar Controler Steca Steca Solarix PRS
- 6.9 Catálogo Solar Controler Steca Steca Solsum 5.0c, 8.0c, 6.6c, 8.8c, 10.10c.
- 6.10 Catálogo Solar Controler Steca Steca Solsum 5.0c, 8.0c, 6.6c, 8.8c, 10.10c.
- 6.11 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 55W PV Module Model No.  
ZXM055W18V-12501.
- 6.12 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 85W PV Module BIPV Model No.  
ZXM085W18V-125G1
- 6.13 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 85W PV Module Model No.  
ZXM085W18V-12501
- 6.14 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 100W PV Module <Model No.  
ZXM100W18V-12501T

- 6.15 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 160W Mono-crystalline PV Module  
Model No. ZX160(34.5)M
- 6.16 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 180W Mono-crystalline PV Module  
<Model No. ZX180(36)M
- 6.17 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 210W Mono-crystalline PV Module  
Model No. ZX210(47)M
- 6.18 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 210W Mono-crystalline PV Module  
Model No. ZX210(47)M
- 6.19 Catálogo PV Tech Photovoltaic Modules 250W PV Module <Model No.  
ZXM250W36V-15601
- 6.20 Catálogo Samlex America Conversión de energía 2014.

