



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO
RENOVABLES**

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO

**“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN
FOTOVOLTAICA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA.”**

TESIS DE GRADO PREVIO A OPTAR POR EL
TÍTULO DE INGENIERO ELECTROMECÁNICO

AUTOR: Edgar Rafael Rivas Celi.

DIRECTOR: Ing. Darwin Giovanny Tapia Peralta, Mg. Sc.

LOJA-ECUADOR

2015

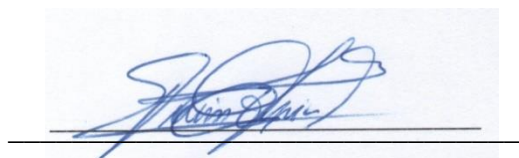
CERTIFICACIÓN

Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICA:

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de tesis de grado, en su proceso de investigación cuyo tema versa en “**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA**”, previa a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, realizado por el egresado: **Edgar Rafael Rivas Celi**, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, abril del 2015.



Ing. Darwin Giovanni Tapia Peralta, Mg. Sc.
DIRECTOR DE TESIS



AUTORÍA

Yo, **EDGAR RAFAEL RIVAS CELI**, declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximio expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

Autor: Edgar Rafael Rivas Celi

Firma:

Cédula: 1104747058

Fecha: 27/04/2015



CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO.

Yo, **EDGAR RAFAEL RIVAS CELI**, declaro ser el autor de la tesis intitulada “**ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PARA EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA.**”, como requisito para optar por el grado de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**; autorizo al Sistema de Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja, para que con fines académicos, muestren el mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido, de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios pueden consultar su contenido, de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tengan convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a los veintisiete días del mes de abril del dos mil quince.

Firma:
Autor: Edgar Rafael Rivas Celi
Cedula: 110474705-8
Dirección: Loja: (Juan José Flores 12-19 y Av. Nueva Loja)
Correo Electrónico: raficoerrc@hotmail.es
Teléfono: (07) 2613133 **Celular:** 0993019622

DATOS COMPLEMENTARIOS.

Director de Tesis: Ing. Darwin Geovanny Tapia Peralta, Mg. Sc.
Tribunal de Grado: Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay, Mg. Sc. (Presidente)
Ing. José Leonardo Benavides Maldonado, Mg. Sc.
Ing. Héctor Oswaldo Salcedo López.



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres Edgar y Jacqueline que me dieron la vida y me han apoyado con todo su amor para culminar cada una de mis metas.

A mi bisabuelito Teodoro Jaramillo pionero en la fundición de metales en Loja que a través de su oficio me vinculó en el mundo de la mecánica, a mi abuelito Ángel Rivas que aunque no tuve la oportunidad de conocerlo las enseñanzas transmitidas a mi padre han sido orientadoras para consolidar mi personalidad, a mi abuelito Enrique Celi que me enseñó que en la vida hay que saber observar para aprender cualquier labor. Todos ellos contribuyeron con principios que han sido pilares fundamentales en mi formación personal y de la profesión que de hoy en adelante será parte de mi vida.

A mí querida esposa Neiva y, a mi hijo Edgar Alejandro quienes son el motor para seguirme superando día a día para alcanzar nuevos logros para beneficio personal y coadyuvar con las problemáticas de la sociedad por medio de mi profesión.

A mis queridos hermanos que de alguna u otra forma me han inspirado a seguir adelante y culminar con éxito mi carrera profesional.

Edgar Rafael Rivas Celi



AGRADECIMIENTO

Me es grato reconocer públicamente mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Loja, al Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables, a la carrera de Ingeniería en Electromecánica por permitirme culminar mis estudios superiores, a los docentes de la carrera por haber compartido sus conocimientos durante estos cinco años de estudio, y a los ingenieros Jorge Carrión González y Jorge Maldonado Correa que de manera desinteresada aportaron en el desarrollo de la presente tesis.

Al Ing. Darwin Tapia Peralta por su acertada dirección e invaluable colaboración para la realización de este trabajo.



SIMBOLOGÍA

A: Amperio	KWh/m²: Kilovatios hora por metro cuadrado
Ah: Amperios - hora	KWh: Kilovatio hora
AWG: American Wire Gauge	MW: Mega vatios
B/C: Relación Beneficio-Costo	PAYBACK: Periodo de Recuperación
β_{opt}: Inclinación Optima	Rd: Radiación disponible
CA: Corriente Alterna	THD: Total Harmonic Distorsion
CC: Corriente Continua	TIR: Tasa Interna de Retorno
CENSOLAR: Centro de Estudios de la Energía Solar	V: Voltios
CO₂: Dióxido de Carbono	VMP: Tensión Máxima de Potencia
CONELEC: Consejo Nacional de Electricidad	VOC: Tensión de Circuito Abierto
EERSSA: Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A	VPN: Valor Presente Neto
SFV: Sistema Fotovoltaico	W/m²: Irradiancia
HPS: Horas Pico Solar	W: Vatios
I: Intensidad de Corriente	Wh/día: Vatios-hora por día
ICC: Corriente de Cortocircuito	Wp: Vatios Pico
IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía	φ: Latitud del Lugar
IMP: Corriente Máxima de Potencia	Mismacht: Perdidas por conexionado
	STC: Standard Test Conditions
	HSP: Horas Sol Promedio



ÍNDICE

PORTADA	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA	III
CARTA DE AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE	VIII
a. TEMA	1
b. RESUMEN	2
ABSTRAC	3
c. INTRODUCCIÓN	4
d. REVISIÓN DE LITERATURA	5
d.1 CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	5
d.1.1 Introducción	5
d.1.2 Historia de la energía solar fotovoltaica	7
d.1.3 Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica	8
d.1.4 Energía solar en el Ecuador	9
d.1.5 La energía solar en la ciudad de Loja	10
d.2 CAPÍTULO II: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	12
d.2.1 Sistemas Aislados o Autónomos	13
d.2.2 Módulos Fotovoltaicos	15
d.2.3 Conexión de los módulos fotovoltaicos	20
d.2.4 Punto de trabajo de un panel fotovoltaico	22
d.2.5 Efecto de la temperatura e irradiancia	23
d.2.6 Acumuladores o Baterías	24
d.2.7 Regulador	27
d.2.8 Inversor o convertidor Dc/Ac	27
d.3 CAPÍTULO III: MÉTODOS TRADICIONALES DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS	29
d.3.1 Valor Presente Neto (VPN)	29
d.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)	29
d.3.3 Relación Beneficio Costo (B/C)	29
e. MATERIALES Y MÉTODOS	30
e.1 Materiales	30
e.2. Métodos	30
e.2.1 Método del mes peor	30



e.2.2	Evaluación de la energía necesaria.....	31
e.2.3	Evaluación de la radiación solar disponible	33
e.2.4	Cálculo de la relación consumos/radiación	35
e.2.5	Tamaño del campo de captación	36
e.2.6	Dimensionamiento del sistema de acumulación	36
e.2.7	Elección del regulador de carga	38
e.2.8	Elección del inversor	38
e.2.9	Dimensionamiento del cableado.....	39
e.2.10	Dimensionado de Protecciones.....	41
e.2.11	Software HOMER	43
f.	RESULTADOS	46
f.1	ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA	46
f.1.1	Consumo en Corriente Continua.....	46
f.1.2	Consumo en Corriente Alterna	46
f.1.3	Consumo Total.....	47
f.1.4	Radiación Solar Disponible	48
f.1.5	Relación consumos/Radiación	48
f.1.6	Tamaño del campo de captación.....	49
f.1.7	Dimensionamiento del sistema de acumulación	49
f.1.8	Elección del regulador de carga	50
f.1.9	Elección del Inversor	51
f.1.10	Dimensionamiento del cableado en CC del sistema fotovoltaico.....	51
f.1.11	Dimensionamiento del cableado en CA.....	53
f.1.12	Dimensionamiento de cables y protecciones de la vivienda tipo	54
f.1.13	Diagrama Unifilar de la Vivienda Tipo	58
f.2	ANÁLISIS ECONÓMICO	59
f.2.1	Especificaciones Técnicas de los Equipos Seleccionados	59
f.2.2	Costos Directos	61
f.2.3	Costos Indirectos.....	62
f.2.4	Costo Total.....	63
f.2.5	Análisis de Rentabilidad	63
	Fuente: El Autor	68
f.2.6	Simulación en Software HOMER.....	68
g.	DISCUSIÓN	73
h.	CONCLUSIONES	75
i.	RECOMENDACIONES	77
j.	BIBLIOGRAFÍA.....	78
k.	ANEXOS.....	80



ANEXO I.....	80
ANEXO II	81
ANEXO III.....	88
ANEXO IV	89
ANEXO V	90
ANEXO VI.....	91
ANEXO VII.....	92
ANEXO VIII	93



a. TEMA

Análisis de Factibilidad de un Sistema de Generación Fotovoltaica para el Sector Residencial de la Ciudad de Loja.



b. RESUMEN

La presente investigación trata de la factibilidad del uso de paneles fotovoltaicos en el sector residencial de la ciudad de Loja, como alternativa energética limpia, debido al potencial solar y ubicación geográfica de la misma.

Se procedió a establecer la demanda energética de una casa tipo con los aparatos eléctricos de mayor necesidad logrando estimar la potencia eléctrica a solventar por el sistema fotovoltaico. El sistema es versátil para el usuario en caso de no querer depender del sistema eléctrico que proviene de la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA); este puede depender de la energía que proviene del sistema fotovoltaico o viceversa. Subsecuentemente se obtuvo la radiación solar de nuestra ciudad a través de la estación meteorológica “La Argelia”; misma que viene monitoreando desde el mes de Marzo del 2013 hasta la actualidad.

Después se eligió el método denominado “Mes peor” por ser el más utilizado para dimensionar este tipo de sistemas, además de todos los equipos con los que funcionará el sistema fotovoltaico que están acordes al potencial eléctrico establecido para la casa tipo, así como los ángulos a los que se fijarán los paneles y el cableado. Por último se hizo el análisis técnico económico de todos los equipos y materiales a utilizarse para determinar la factibilidad de dicho sistema.



ABSTRAC

This research is about the feasibility of using of photovoltaic panels in the residential sector in Loja city as a clean energy alternative, due to solar potential and geographical location.

I proceeded to establish the energy demand of a typical home with the most useful electrical appliances to find out the electrical power to solve by the photovoltaic system. The system is versatile for the user so, he may use the electrical system provided by Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA) or the photovoltaic system. Another thing that I get from the Methereologyc Station “La Argelia” was the information of the sun radiation on the city, which has been monitoring this since March, 2013.

Then I choose the method “worst month” because this is the most used method to dimensioning this kind of system, as well as all the equipment that will be used in the photovoltaic system for the house type, and the angles attached to the panels and wiring fixed. Finally we did the technical-economic analysis of all equipment and materials that will be used to determine the feasibility of the system.



c. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, si bien es cierto la energía solar es una propuesta alternativa su uso es muy escaso debido al retraso tecnológico con respecto a los países desarrollados. Cada vez la demanda energética crece y con ello las empresas que producen dicha energía se proponen nuevas metas para suplir estas acrecentadas demandas.

El Plan Nacional de electrificación y según las estadísticas del CONELEC, señala que la demanda de energía del país creció en el período de 1998-2008 a un ritmo del 4.4% global anual y se prevé que para el periodo 2009-2020 crezca entre 6.2 y 7.7 % impulsado por la construcción de nuevas obras de infraestructura, representando la energía hidráulica un 42,37% del total de la producción de energía en el Ecuador equivalente a 8.636,40 GWh, para integración de comunidades remotas a la red eléctrica y el desarrollo industrial. La demanda de energía actualmente es grande debido a que la mayoría de los aparatos del hogar dependen de electricidad y es por esto que los paneles fotovoltaicos son una alternativa amigable con la naturaleza.

Particularmente en nuestra ciudad, así como en todo el Ecuador gozamos de una ventaja solar con respecto a otros países, debido a que nos encontramos en la mitad del mundo. Esto logra que nuestros paneles estén totalmente fijos recibiendo toda la energía solar sin necesidad de aparatos secundarios, que hacen que se muevan nuestros paneles en sentido del movimiento del sol.

De acuerdo al estudio de Heliofanía hecho por el Ilustre Municipio de Loja con la ayuda de la Jefatura de Gestión Ambiental, la insolación media anual presenta 1596.9 horas/mes; los meses con el mayor valor se presentan en octubre con 151.2 horas/mes, y noviembre con 158.6 horas/mes, mientras que febrero presenta 101.7 horas/mes considerado como el mes más nublado del año

Es por esto que la presente investigación se convierte en una medida alternativa, ya que se hará una selección del diseño y equipos, los cuales por medio de un estudio técnico-económico ayudará a determinar la factibilidad de la implementación de los paneles fotovoltaicos en nuestra ciudad de Loja y particularmente en los hogares de nuestra localidad.



d. REVISIÓN DE LITERATURA

d.1 CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

d.1.1 Introducción

El Sol es una fuente de energía formidable. Como todas las estrellas, el Sol es un gigantesco reactor nuclear (su masa es del orden de 330.000 veces la de la Tierra) en el que la masa se convierte en energía radiante continuamente. Está formada por diversos elementos en estado gaseoso (hidrogeno, principalmente). Tiene un diámetro de 1,4 millones de kilómetros. En su interior existen elevadas presiones, y temperaturas de varios millones de grados, que hacen que en el seno del Sol se produzcan, de manera continua, reacciones nucleares mediante las cuales dos átomos de hidrogeno se fusionan (dando lugar a un átomo de helio) liberando una gran cantidad de potencia (del orden de 389×10^{24} W). Este es el origen de la energía solar.

De esta energía, solo una parte llega de manera efectiva a la superficie de la Tierra en forma de radiación ya que constituye una superficie de captación casi insignificante, al encontrarse a 150 millones de kilómetros. Aun así, la potencia que llega es unas 10.000 veces mayor que la que proporciona todas las fuentes energéticas que el hombre emplea.

No obstante, hemos de tener en cuenta algunas dificultades que se presentan a la hora de emplear esta energía. En primer lugar, la energía llega a la Tierra de una manera bastante dispersa, y además presenta oscilaciones. Según las horas del día, las condiciones climatológicas, las coordenadas en que encontremos y la estación del año recibiremos cantidades diferentes de radiación solar.

La cantidad de energía solar recibida por unidad de superficie y por unidad de tiempo (por término medio) sobre una superficie enfrentada al Sol (perpendicular a los rayos solares), situada en el límite de la atmosfera, a la distancia media entre la Tierra y el Sol, es de unos 1.353 W/m^2 , cantidad que se conoce como constante solar. Viene a indicarnos la energía media que llega a la capa externa de la atmosfera terrestre.

Esta energía que llega en realidad es una radiación electromagnética (por eso, la llamamos radiación solar).

Como en la atmosfera se refleja parte de la radiación que llega al sol, y otra parte se absorbe, a la superficie de la Tierra llega, lógicamente, una cantidad menor que la que se tiene en el exterior de la atmosfera. Viene a ser unos 900 W/m^2 .

Motivados por los problemas ambientales del sector energético, y, concretamente, por los compromisos adquiridos para la reducción de las emisiones de CO₂, los gobiernos de la Unión Europea se han lanzado en apoyo decidido de las energías renovables. La mayoría de las energías renovables. La mayoría de las energías renovables procede de una transformación, directa o indirecta, de la energía solar, como se puede ver en la figura 1.

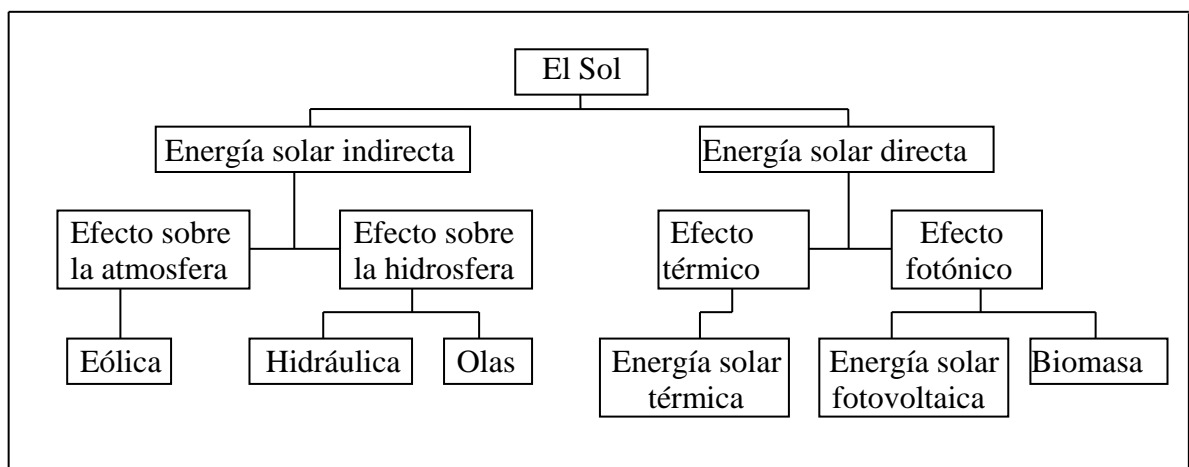


Fig. 1. Esquema de las energías renovables procedentes de la transformación de la energía solar.
Fuente: Bayod, 2009.

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar se clasifican en dos tipos:

- Sistemas solares térmicos, en los que los rayos del sol se usan para generar calor en colectores solares (con objeto de obtener agua caliente sanitaria, por ejemplo, aunque incluso se puede producir vapor para generar electricidad en las denominadas centrales termosolares). También puede considerarse en este apartado la aplicación de conceptos bioclimáticos en la construcción de edificios, donde la radiación solar se aprovecha para mejorar el confort térmico en un edificio por medio de elementos arquitectónicos bioclimáticos.
- Sistemas solares fotovoltaicos, que se emplea para la obtención de energía directamente.

La palabra fotovoltaica proviene de *photos*, que significa luz, y *voltaica*, que hace referencia a la electricidad (en relación a Alessandro Volta, famoso, entre otras cosas, por



ser el inventor de la famosa pila). Los sistemas fotovoltaicos convierten la energía solar en energía eléctrica, es decir, se genera electricidad a partir de la luz mediante el empleo de dispositivos llamados células solares.

En una primera gran división, las instalaciones fotovoltaicas se pueden clasificar en dos grupos: instalaciones autónomas – aisladas a la red eléctrica, en donde la energía generada a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir pequeños o moderados consumos eléctricos en el mismo lugar donde se produce la demanda – e instalaciones conectadas a la red eléctrica. La energía fotovoltaica está experimentando un auge importante en los últimos años debido a la construcción de grandes centrales conectadas a red. (Bayod, 2009)

d.1.2 Historia de la energía solar fotovoltaica

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Edmund Becquerel en 1839, cuando experimentaba con dos electrodos metálicos en una solución conductora y apareció un aumento de la generación eléctrica con la luz. En 1873, Willoughby Smith descubre el efecto fotovoltaico en sólidos, en el selenio, y en 1877 W. G. Adams y R. E. Day producen la primera célula fotovoltaica de selenio.

En 1904, Albert Einstein publica su artículo sobre el efecto fotovoltaico, al mismo tiempo que un artículo sobre la teoría de la relatividad. En 1921, Einstein gana el premio Nobel por sus teorías en 1904, explicando el efecto fotovoltaico (recibe el premio y lee el discurso en Gotemburgo, Suecia, en 1923).

La tecnología fotovoltaica tuvo un importante desarrollo a finales de los años cincuenta como parte de los programas espaciales, con la finalidad de desarrollar una fuente de energía económica e inagotable. En 1954, los investigadores D. M. Chapin, C. S. Fuller y G. L. Pearson de los Laboratorios Bell en Murray Hill, New Jersey, producen la primera célula de silicio, publican el artículo <<A New Silicon p-n junction Photocell for converting Solar Radiation into Electrical Power>>, y hacen su presentación oficial en Washington (26 abril). En 1955, se le asigna a la industria americana la tarea de producir elementos solares fotovoltaicos para aplicaciones espaciales. Hoffman Electronic, empresa de Illinois (EE.UU), ofrece células del 3% de 14mW a 1.500 \$/Wp y en 1957 Hoffman Electronic alcanza el 8% de rendimiento en sus células, y el 10% en 1959.



El 17 de marzo de 1958, se lanza el Vanguard I, el primer satélite alimentado con energía solar fotovoltaica. El satélite lleva 0,1W, en una superficie aproximada de 100 cm^2 , para alimentar un transmisor de respaldo de 5 mW, que estuvo operativo 8 años. La Unión Soviética muestra, en la Exposición Universal de Bruselas, sus células fotovoltaicas con tecnología de silicio.

En 1962, se lanza el primer satélite comercial de telecomunicaciones, el Telstar, con una potencia fotovoltaica de 14W.

En 1963, Sharp consigue una forma práctica de producir módulos de silicio; en Japón se instala un sistema de 242W en un faro, el más grande de aquellos tiempos.

En 1964, el navío espacial Nimbus se lanza con 470W de paneles solares.

En 1966, el observatorio astronómico espacial lleva ya 1kW de paneles solares.

En 1977, la producción de paneles solares fotovoltaicos en el mundo es de 500kW. En 1980, ARCO Solar (después Siemens, después Sell Solar) es la primera empresa con una producción industrial de 1MW de módulos al año.

Gracias al descenso de los costes y a la mejora del rendimiento, los sistemas fotovoltaicos han extendido su utilización a numerosas aplicaciones, incrementándose sustancialmente la potencia instalada. (Bayod, 2009)

d.1.3 Ventajas e inconvenientes de la energía solar fotovoltaica

La transformación directa de la energía solar en electricidad mediante la conversión fotovoltaica presenta como ventajas claras su sencillez, fiabilidad y operatividad. De hecho, algunas de las primeras aplicaciones fueron la alimentación de equipos en los que se necesitaba una elevada fiabilidad (satélites espaciales, telecomunicaciones). Además, el recurso es abundante y gratuito, inagotable a escala humana (la radiación solar).

Otra de las propiedades de los sistemas fotovoltaicos es modularidad, existiendo aplicaciones desde milivatios hasta decenas de megavatios de potencia, y puede ser rápidamente instalado (y desmantelado) en cualquier parte.

La vida útil de las instalaciones fotovoltaicas es elevada. No hay partes móviles y el mantenimiento que se requiere para conservar la instalación en perfectas condiciones es



reducido. En particular, la vida esperada de los módulos es de más de 40 años, igual que la de los elementos auxiliares que componen la instalación cableado, canalizaciones, cajas de conexión, etc. La de la electrónica, puede cifrarse en más de treinta años.

Por otra parte, merecen resaltarse sus buenas propiedades respecto a las consideraciones medioambientales en el punto de utilización ya que no hay combustión, no produce ruidos ni emisiones nocivas o gases polucionantes.

Todo ello hace que su campo de aplicación sea muy amplio, desde la utilización en productos de consumo, como relojes y calculadoras, hasta las grandes instalaciones de generación eléctrica, pasando por la electrificación de viviendas aisladas o pequeñas comunidades de vecinos, las señalizaciones terrestres y marítimas, las comunicaciones o el alumbrado público.

La tecnología disponible en la actualidad hace que las instalaciones fotovoltaicas tengan un interés especial en aquellos lugares alejados de la red eléctrica, de manera que en muchos casos constituyen la mejor opción en términos económicos, de operatividad y de fiabilidad de suministro. Se trata de una fuente de energía autóctona y, por lo tanto, reduce la dependencia energética del exterior. La energía fotovoltaica contribuye al equilibrio interterritorial porque suele instalarse en zonas rurales.

El principal inconveniente es su elevado coste, que hace que, de momento, la participación actual de la energía fotovoltaica en el balance energético sea aun reducida. Su coste es hoy en día más elevado que el de las alternativas convencionales. (Bayod, 2009)

d.1.4 Energía solar en el Ecuador

El potencial solar en el Ecuador está entre los más altos de toda Sudamérica. La ubicación geográfica del Ecuador, lo convierte en un país privilegiado en lo que a recurso solar se refiere. Esto se debe a que el ángulo de incidencia de la luz solar, es perpendicular a nuestra superficie durante todo el año, situación que no ocurre en otros sitios del planeta, en donde el ángulo de incidencia de la luz solar, varía acorde a las estaciones del año.

Esta ventaja posicional del Ecuador, se traduce en la recepción de una mayor y constante cantidad de radiación solar, misma que varía dentro del territorio nacional únicamente por

condiciones climatológicas locales y que varían además de acuerdo a la cercanía o lejanía del Sol.

Sin embargo, no podemos olvidar a países como México y Brasil, con menos potencial solar tienen más instalaciones solares en sus edificios y viviendas.

Los países más cercanos al Ecuador apuestan por la energía solar, debido a que la radiación del sol en esos países es mucho mayor. El estado de California (EEUU), España, Italia, Grecia, países del norte de África, Emiratos Árabes Unidos, entre otros, se adentran en proyectos solares fotovoltaicos y termosolares.

La cantidad de energía que el sol vierte diariamente sobre la tierra es diez mil veces mayor que la que se consume al día en todo el planeta, según reporta la empresa española CENSOLAR.

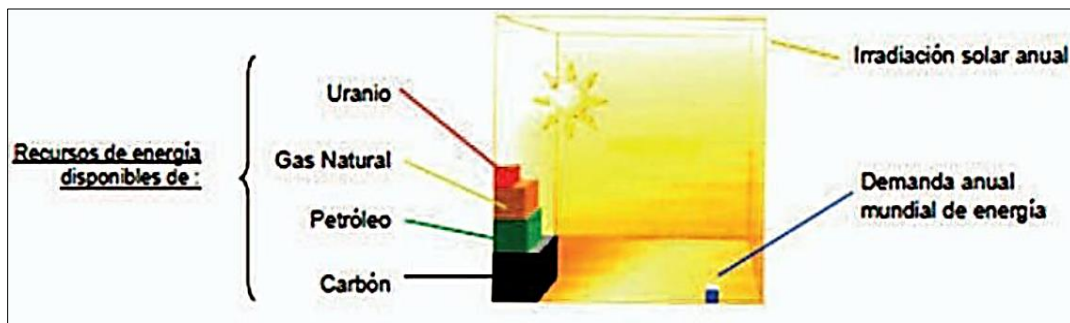


Fig. 2. Irradiación solar anual sobre la superficie terrestre, frente a los recursos de energía disponibles

Fuente: Núñez Ortiz, 2013

Ecuador está favorecido por su situación geográfica y climatológica para aprovechar este tipo de energía. En particular, en la región Interandina Ecuatoriana, la radiación media es del orden de los 1.600 kWh/m^2 al año.

En el Ecuador existen pocos proyectos solares que permitan aprovechar la radiación solar. (Núñez Ortiz, 2013)

d.1.5 La energía solar en la ciudad de Loja

En nuestro país el CONELEC, ente encargado de la regulación y de control del sector eléctrico ecuatoriano, realizó un documento llamado “Atlas solar del Ecuador con fines de generación eléctrica” en el año 2008, en el cual se evalúa el potencial solar de todo nuestro país desde enero hasta diciembre del mismo año.

Se puede observar que las ciudades de Quito, Imbabura, parte de Santo Domingo de los Tsáchilas y Loja, son lugares con altos valores de radiación solar que están por el orden de los $500 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$ (Conelec, 2008), aunque también influyan las condiciones climáticas como humedad, y altura. Concretamente la Ciudad de Loja tiene valores de radiación altos, así como los cantones de Zapotillo y Catamayo, con esto podemos decir que en la región Sur, es viable la implementación de sistemas fotovoltaicos.

La figura 3, muestra el potencial solar de la provincia de Loja, la misma que presenta alta radiación de $5.550 \text{ Wh/m}^2/\text{día}$ aproximadamente en la ciudad de Loja, dándonos una pauta para el aprovechamiento de este tipo de energías que son limpias y renovables, que no causan impacto ambiental como los combustibles fósiles de las centrales termoeléctricas.

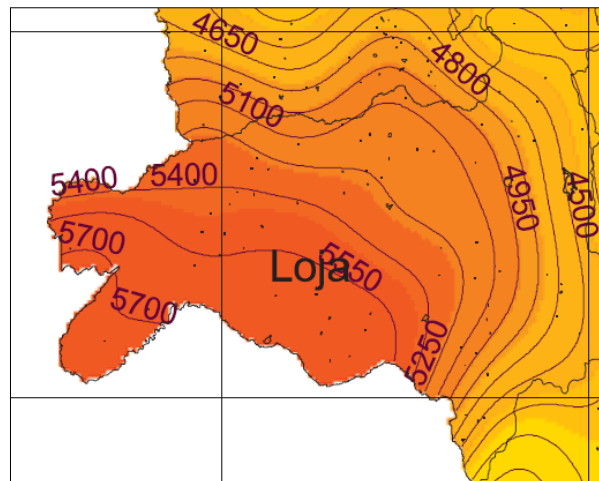


Fig.3 Radiación Solar de la provincia de Loja

Fuente: Conelec, 2008



d.2 CAPÍTULO II: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Se llama sistema fotovoltaico al conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión de la energía solar mediante las células o celdas solares. Los sistemas fotovoltaicos presentan una importante simplificación respecto a los procesos energéticos convencionales, debido a que transforman una energía primaria la energía solar en electricidad de un modo directo, es decir, sin transformaciones intermedias en otras formas de energía. Por lo tanto, las células solares o celdas fotovoltaicas son dispositivos capaces de transformar la radiación solar en electricidad de un modo directo.

Las celdas fotovoltaicas son placas fabricadas principalmente de silicio. Cuando al silicio se le añaden cantidades relativamente pequeñas de ciertos materiales con características muy particulares obtiene propiedades eléctricas únicas en presencia de luz solar, los electrones son excitados por los fotones asociados a la luz y se mueven a través del silicio produciendo una corriente eléctrica, este efecto es conocido como fotovoltaico. La eficiencia de conversión de estos sistemas es de alrededor de 15%, por lo que un metro cuadrado puede proveer aproximadamente unos 150 W.

Las celdas fotovoltaicas para poder proveer de energía eléctrica en las noches, requieren de baterías donde se acumula la energía eléctrica generada durante el día, lo cual encarece su aplicación. También existen otra posibilidad de utilización de este sistema, como por ejemplo sistema fotovoltaico conectado directamente a la red eléctrica, evitando así el uso de baterías, por lo que la energía que se genera se usa de inmediato, con la posibilidad de vender los excedentes de electricidad a las compañías generadoras, sistema que ya se ha implementado en varios países.

Para tener una idea clara del crecimiento de las ventas de módulos FV en las últimas dos décadas es importante mencionar que en 1984 las ventas mundiales sólo alcanzaron los 25 MW, mientras que en el año 2007 se reportaron ventas del orden de los 2.700 MW, lo que representa un crecimiento de dos órdenes de magnitud. (Quinche, y otros, 2012)

d.2.1 Sistemas Aislados o Autónomos.

Un sistema fotovoltaico aislado o autónomo es un sistema auto-abastecedor, ya que aprovecha la irradiación solar para generar la energía eléctrica necesaria en el suministro de una instalación (vivienda, pozo, sistema de riego, sistema de telecomunicación, etc.).

Para entenderlo mejor, en el siguiente diagrama de la figura 4 se muestra un sistema fotovoltaico, formado por:

- El *generador fotovoltaico* que proporciona la tensión y corriente encargada de mantener la carga de la batería.
- La *batería* que será la encargada de proporcionar energía a la instalación.
- El *regulador* que se encargara del control del estado de la carga de la batería, adaptando los diferentes ritmos de producción y la demanda de energía.
- El *suministro* que hace referencia a la instalación que debe alimentar el sistema fotovoltaico.

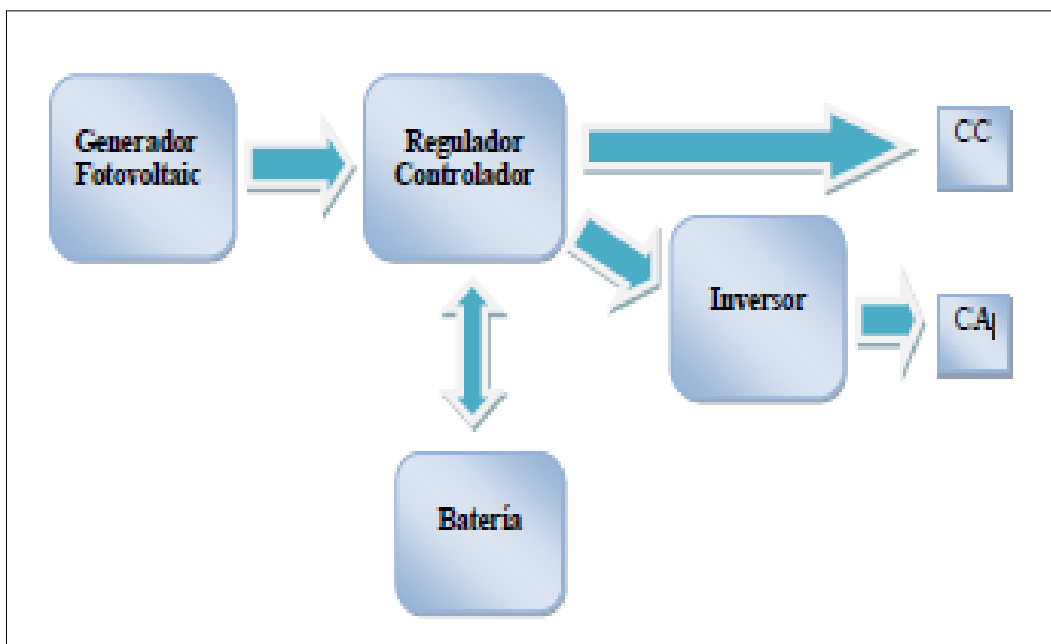


Fig.4. Diagrama de Bloque de un sistema Fotovoltaico

Fuente: Quinche, y otros, 2012



d.2.1.1 Dimensionamiento de sistemas autónomos

El dimensionamiento es el proceso por el cual se determina el tamaño de las instalaciones, atendiendo a dos parámetros fundamentales: por una parte, la demanda (es decir, la radiación solar disponible). La necesidad de garantizar un suministro constante, aun en las peores condiciones (ya que, en la mayoría de los casos, no se puede acceder a fuentes energéticas de apoyo que suplan los fallos del sistema), y el elevado coste de los equipos son factores de capital importancia.

En electrificación rural, además de los requerimientos técnicos y económicos, ha de prestarse atención a las regulaciones nacionales y locales, y tener en cuenta aspectos sociales y sociológicos tales como actividad económica de la comunidad y sus prioridades de desarrollo, a nivel de educación, resultados de otros proyectos similares en el entorno, posibles fuentes de financiación. El objetivo es disponer sistemas fotovoltaicos seguros, fiables y duraderos.

Un adecuado dimensionado de las instalaciones supone, además, asegurar la fiabilidad de las mismas y su utilización a lo largo del tiempo, evitando que queden inservibles al cabo de pocos años al utilizarse para fines para los cuales no habían sido concebidos. Una vez más hemos de recordar que la funcionalidad en el medio o largo plazo depende, además del correcto diseño, dimensionado e instalación, de la adecuada operación y mantenimiento, por lo que la posibilidad de contar con personal de la comunidad capaz de realizar esas tareas con garantías es también imprescindible.

Para un correcto diseño que garantice una posterior utilización fiable, el usuario debe expresar sus necesidades en cuestión de demanda energética, para poder establecer los requerimientos del sistema. Es imprescindible la perfecta comprensión de las necesidades y deseos de los usuarios finales de la instalación.

Lo ideal, aunque no siempre fácil de lograr, es conocer los consumos en el tiempo de modo preciso, con indicación de cargas específicas, frecuencias de uso, duraciones, día a día. Es decir, un detallado perfil de la carga. Pero la estimación correcta de la energía consumida por el sistema fotovoltaico solo es sencilla en aquellas aplicaciones en las que se conocen exactamente las características de la carga (por ejemplo, sistemas de telecomunicación). Sin embargo, en otras aplicaciones, como puede ser la electrificación de viviendas, la tarea



no resulta fácil pues intervienen multitud de factores que afectan al consumo final de electricidad: tamaño y composición de las familias (edad, formación), hábitos de los usuarios y capacidad para administrar la energía disponible. Las demandas individuales pueden variar entre las pocas decenas de Wh al día a pocos kWh por día.

Se requiere también especificar el tipo de receptores, consumos en continua, consumos en alterna, la calidad requerida, como formas de onda (armónicos individuales y THD), huecos, variaciones de frecuencia, factor de potencia y variaciones de tensión admisibles, rizado en la tensión de continua. Algunas características influyen directamente en el tamaño y calidad del convertidor o generador a utilizar. En ocasiones se puede saber el consumo diario, con la proporción de consumo nocturno frente a consumo en hora de Sol, o consumo en días laborables y en fines de semana. Otras veces el diseño se basa en datos de consumo medio mensual. (Bayod, 2009)

Los métodos de dimensionado más utilizados son los siguientes:

- **MÉTODO DEL MES PEOR:** Se realiza un balance de energía seleccionando el mes en el que se dan las condiciones más desfavorables del sistema. La idea es que si el sistema funciona en este mes, funcionara también los demás meses del año. Presenta el inconveniente de que, al trabajar con un solo mes, no optimiza energéticamente la instalación ni cuantifica la fiabilidad.
- **MÉTODO DE LA PROBABILIDAD DE FALLO EN EL CONSUMO:** Realiza balances energéticos mensuales o diarios a lo largo de un número de años significativos, con el fin de calcular el tamaño de los módulos y de batería que garantice el consumo con una fiabilidad dada. Permite optimizar energéticamente la instalación y, lo que es más importante, permite introducir el concepto de fiabilidad energética. (Bayod, 2009)

d.2.2 Módulos Fotovoltaicos

El módulo fotovoltaico es el elemento fundamental de cualquier sistema solar fotovoltaico. Tiene como misión captar la energía solar incidente y generar una corriente eléctrica.

Un módulo fotovoltaico está formado por la interconexión de varias células solares en serie y/o en paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente, puesto que cada célula puede suministrar del orden de 0,5 voltios. Para los paneles solares de uniones de

silicio y con conexiones de células en serie, los valores de tensión por número de células rondan las 36 células para 12 voltios y 72 células para 24 voltios. (Quinche, y otros, 2012)

El módulo fotovoltaico está compuesto por los siguientes elementos como se indica en la figura 5.

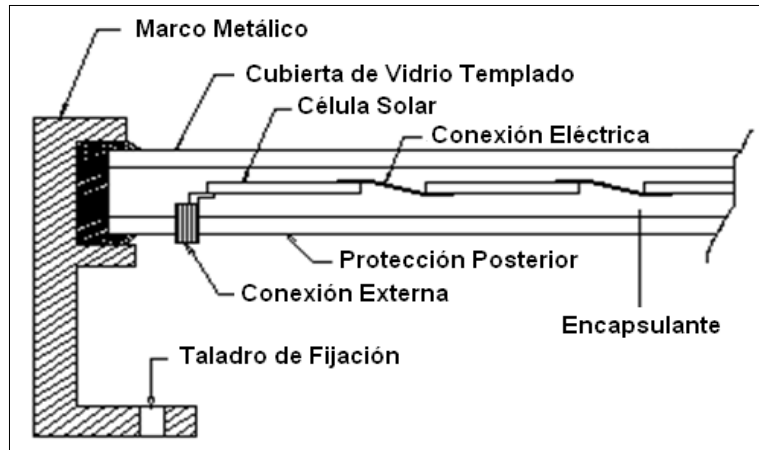


Fig.5. Partes de un módulo fotovoltaico

Fuente: Quinche, y otros, 2012

El marco metálico: Está fabricado de aluminio anodizado o de acero inoxidable, para evitar su oxidación, envuelve a todo el conjunto del módulo. Tiene que ser una estructura que asegure rigidez y estanqueidad al conjunto y que lleva los elementos necesarios (generalmente taladrado) para el montaje del panel sobre la estructura de soporte o bastidor. (Quinche, y otros, 2012)

Cubierta Exterior de Vidrio Templado: Es el encargado de facilitar al máximo la transmisión luminosa, debe resistir las condiciones climatológicas más adversas y soportar los cambios bruscos de temperatura. (Quinche, y otros, 2012)

Cubierta Posterior: Dota al módulo de protección y sirve de cerramiento. Suele ser de vidrio. En ocasiones este recubrimiento es de color claro lo que supone una ventaja, ya que la radiación solar que ha pasado entre las células es reflejada por esa superficie y vuelve hacia el recubrimiento exterior, el cual vuelve a reflejar la radiación y es absorbida por las células. (Quinche, y otros, 2012)

Encapsulante: Actúa como protección de las células. Para este fin se utiliza productos a base de siliconas que son muy transparentes a la radiación solar, no se degradan fácilmente



con el tiempo y protegen a las células contra la acción de la humedad. (Quinche, y otros, 2012)

Caja de Terminales: Se sitúan el parte posterior del módulo, incorpora los bornes para la conexión del módulo y con otros módulos o con el conductor exterior.

La alta calidad de los paneles ofrecidos a la venta se refleja en las amplias garantías ofrecidas por los fabricantes (limitadas a un uso correcto) las que se extienden entre 20 y 25 años de uso. (Quinche, y otros, 2012)

d.2.2.1 Tipos de Paneles

Las células solares o células fotovoltaicas más utilizadas son las formadas por la unión P-N y construidas con silicio monocristalino.

Las células se fabrican mediante la cristalización del silicio, por lo que se encuentran tres tipos principales (los más utilizados). (Quinche, y otros, 2012)

- **Silicio Monocristalino:** Presenta una estructura cristalina completamente ordenada, está formado por un único cristal se reconoce por su monocromía azulada oscura y metálica como se muestra en la figura 6, cuya red cristalina es idéntica en todo el cristal y caracterizada por la solidificación de los átomos de silicio en tres direcciones especiales perpendiculares entre sí y sin imperfecciones. (Quinche, y otros, 2012)



Fig.6. Panel solar monocristalino

Fuente: Quinche, y otros, 2012

- **Silicio Policristalino:** Presenta una estructura ordena por regiones separadas, conformándose la célula mediante la unión de diferentes cristal es como se muestra en la figura 7. Las zonas irregulares se traducen en una disminución del

rendimiento. Se reconoce porque en su superficie se distinguen distintos tonos de azules y grises metálicos. (Quinche, y otros, 2012)



Fig. 7. Panel solar policristalino

Fuente: Quinche, y otros, 2012

- **Silicio Amorfo:** Presenta un alto grado de desorden y un gran número de defectos estructurales en su combinación química, en la cual no hay red cristalina alguna y el material es depositado sobre finas capas que se unen entre sí. La potencia que se obtiene es inferior a las células que utilizan silicio monocristalino o policristalino. (Quinche, y otros, 2012)

Las más utilizadas en instalaciones aisladas son las de silicio monocristalino por ofrecer un mejor rendimiento en la tabla 1 se indican el rendimiento de los diferentes módulos de acuerdo al material construido.

Tabla 1. Eficiencia de las Principales Tecnologías Fotovoltaicas

Material	Rendimiento celda en laboratorio	Rendimiento célula industrial	Rendimiento módulo industrial
Monocristalino (Si)	24,70%	18,00%	14,00%
Policristalino (Si)	19,80%	15,00%	13,00%
Amorfo (Si)	13,00%	10,50%	7,50%

Fuente: Quinche, y otros, 2012

d.2.2.2 Diodos de by-pass

Sirven para proteger cada panel de posibles danos eléctricos producidos por sombras parciales, evitando que las celdas sombreadas trabajen como receptores.

En la actualidad los fabricantes incorporan diodos de paso de conexión inmediata en las cajas de conexión de sus módulos fotovoltaicos como se visualiza en la figura 8 como una norma general de fabricación de los módulos fotovoltaicos, se los industrializa con diodos

que soporten su corriente igual o doble de la corriente de cortocircuito de estos. Normalmente esta corriente suele ser de 3 a 7 amperios, dependiendo del tamaño y calidad del módulo, habrán de soportar los diodos entre corrientes de 6 a 14 amperios. (López, y otros, 2013)

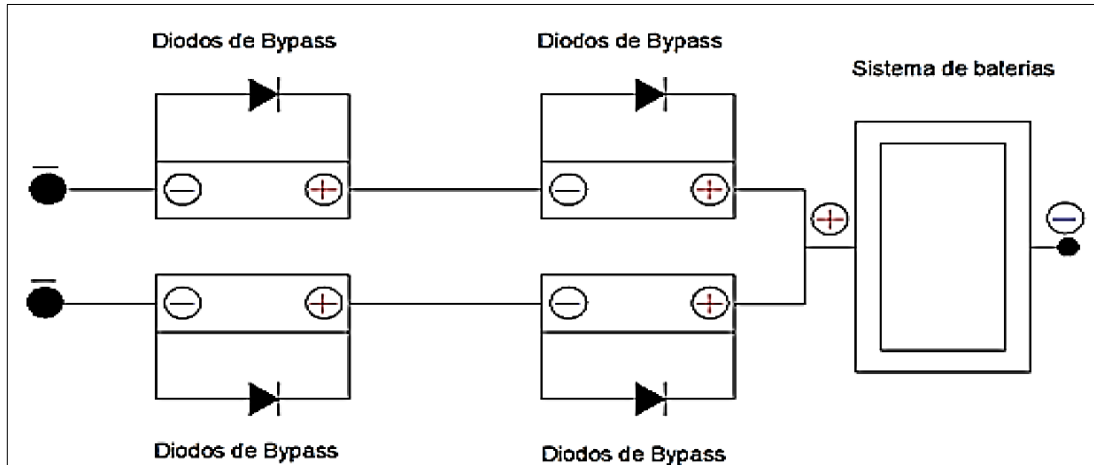


Fig.8. Conexión diodos bypass, módulo fotovoltaico

Fuente: López, y otros, 2013.

d.2.2.3 Diodos de bloqueo

Se colocan a la salida de cada arreglo fotovoltaico, los mismos que evitan que se disipe la energía de los módulos, los diodos de bloqueo están fabricados para conducir la electricidad en solo sentido y se oponen a la circulación del sentido opuesto de corriente, también impiden que en las noches las baterías se descarguen a través de los paneles solares.

Evitan que el flujo de corriente se invierta en el arreglo de módulos fotovoltaicos en paralelo, cuando en uno o varios se produce una sombra. Estos diodos deben ser capaces de soportar corrientes de cortocircuito y voltaje en circuito abierto del campo fotovoltaico como se muestra en la figura 9. (López, y otros, 2013)

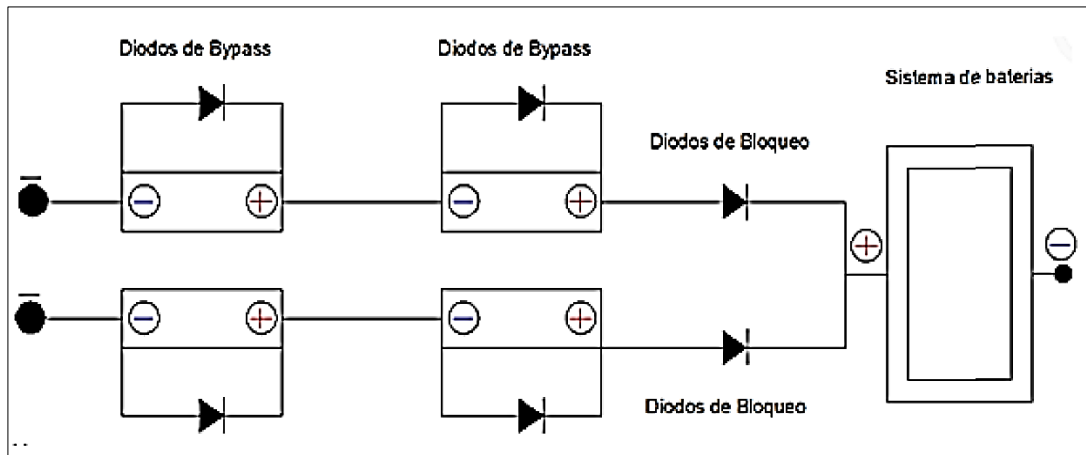


Fig. 9. Conexión diodos de bloqueo, modulo fotovoltaico

Fuente: López, y otros, 2013.

d.2.3 Conexión de los módulos fotovoltaicos

Las celdas fotovoltaicas tienen una generación de valores de tensión de 0,5 voltios y una corriente de unos dos amperios aproximadamente. Por esta razón para poder acceder a aplicaciones y beneficios de los sistemas solares fotovoltaicos existen arreglos de celdas, las cuales obtienen la tensión y la corriente necesaria para el funcionamiento de aparatos eléctricos ya que se pueden conectar en serie o paralelo para su funcionamiento.

Un arreglo de módulos conectados entre sí junto con el cableado, se denomina un sistema de generador fotovoltaico. La conexión de los módulos se basa principalmente en las reglas básicas de la electricidad, y se tienen tres diferentes maneras de conectar, en serie, paralelo y mixta, para obtener adecuadamente el voltaje requerido por el consumidor. (López, y otros, 2013)

- **Conexión en serie:** Cuando se conectan los paneles en serie la tensión será la suma de todos los paneles existentes, mientras que la intensidad será la proporcionada por solo uno de ellos.

Una desventaja de esta conexión es que si uno de ellos se encuentra defectuoso, o en falla todo el sistema puede dejar de funcionar para esto es necesario ocupar diodos de bloqueo entre módulos permitiendo el paso de la corriente. Principalmente se conectan módulos en serie como se muestra en la figura 10 para conseguir voltajes estimados. (López, y otros, 2013).

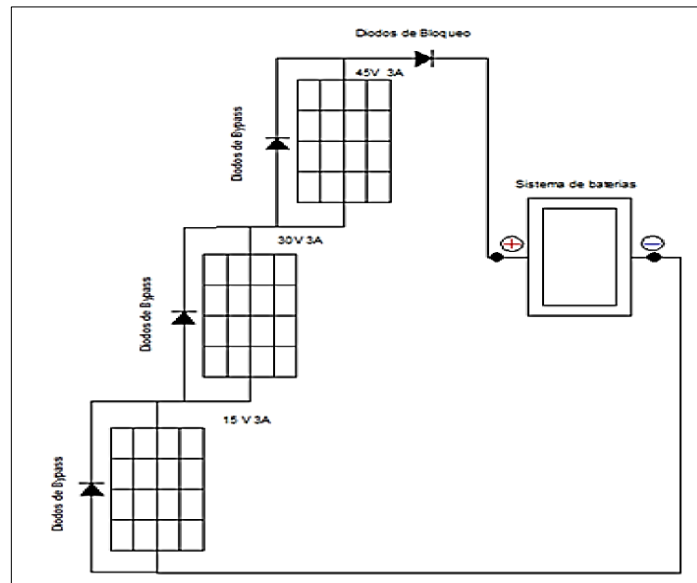


Fig.10. Diagrama de conexión en serie, módulos fotovoltaicos

Fuente: López, y otros, 2013.

- **Conexión en paralelo:** Esta conexión se basa en conectar todos los terminales de extremo al positivo y todos los terminales al negativo, la salida del grupo de generación forman un terminal positivo común y un terminal negativo común. Cuando se conecta de esta manera la tensión coincidirá con la que se proporciona por un solo modulo pero su intensidad aumentara siendo la suma de la corriente de todos los paneles.

Normalmente se realizan conexiones de paneles en paralelo como se muestra en la figura 11 para conseguir intensidades requeridas, pero no se debe olvidar que el aumento de intensidad produce un aumento de pérdidas por el efecto Joule. (López, y otros, 2013)

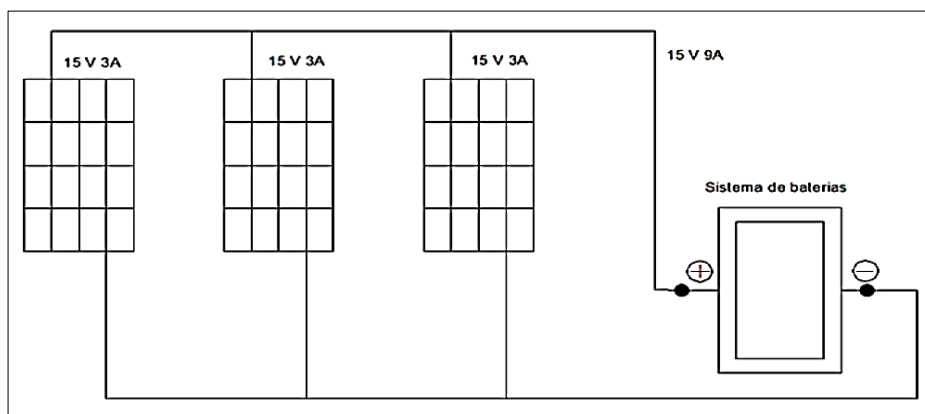


Fig. 11. Diagrama de conexión en paralelo, módulos fotovoltaicos

Fuente: López, y otros, 2013.

- **Conexión mixta:** La conexión mixta de los paneles solares fotovoltaicos, sirve para satisfacer las necesidades de voltaje y corriente que se requiera para diferentes trabajos. Para las conexiones de forma mixta se debe considerar dos parámetros muy importantes al momento de instalación de módulos fotovoltaicos, estos son rendimiento y costos.

Desde el punto de vista de un rendimiento efectivo para el sistema es mejor la instalación en serie ya que existen menos pérdidas de energía por calentamiento del conductor, según este criterio se debería generar hasta 48 voltios, ya que cuanto mayor voltaje se mantenga, menor es el valor de intensidad para un valor de potencia. (López, y otros, 2013)

d.2.4 Punto de trabajo de un panel fotovoltaico

Basado en el análisis de voltaje y corriente de trabajo en conexión directa de un módulo fotovoltaico, a una carga de corriente continua, la corriente de salida de un panel fotovoltaico varía con el valor de voltaje en la carga, y su temperatura de trabajo en la figura 12 se muestra.

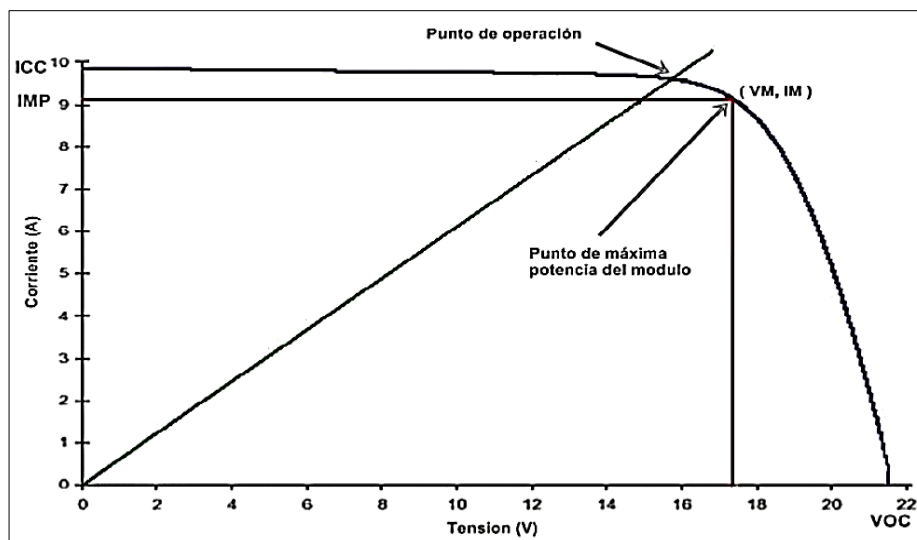


Fig.12. Curva característica I-V de un panel fotovoltaico

Fuente: López, y otros, 2013.

El punto de operación es el punto en el cual se intersecan ambas curvas, siendo la tensión común para la carga y el módulo FV, para la temperatura e irradiancias definidas. La corriente de salida se mantiene casi constante dentro de un rango de operación de voltaje, a lo largo del día las condiciones de irradiancia y temperatura van a variar, de modo que si el

modulo está conectado a una misma carga el punto de operación va a cambiar, de la misma manera si cambiamos la carga conectada al sistema cambiara también la tensión de trabajo.

- *Corriente de cortocircuito (I_{cc}):* es la máxima corriente que puede entregar un dispositivo a ciertos parámetros de radiación y temperatura, a tensión y potencia cero.
- *Tensión a circuito abierto (V_{oc}):* es la máxima tensión que puede entregar un dispositivo a ciertas condiciones de radiación y temperatura, a corriente y potencia cero.
- *Tensión de máxima potencia (V_{mp}):* es la tensión que entrega un dispositivo a potencia máxima bajo ciertas condiciones de radiación y temperatura, siendo la tensión nominal del módulo FV.
- *Potencia máxima de salida:* se calcula la potencia de salida máxima del panel multiplicando los valores de voltaje y corriente correspondientes (V_{mp} , I_{mp}). (López, y otros, 2013)

d.2.5 Efecto de la temperatura e irradiancia

La intensidad de cortocircuito aumenta moderadamente y la tensión de circuito abierto disminuye proporcionalmente al disminuir la temperatura que se indica en la figura 13. La corriente de cortocircuito aumenta directamente proporcional a la irradiancia y la tensión un leve nivel de variación como se muestra en la figura 14. (López, y otros, 2013)

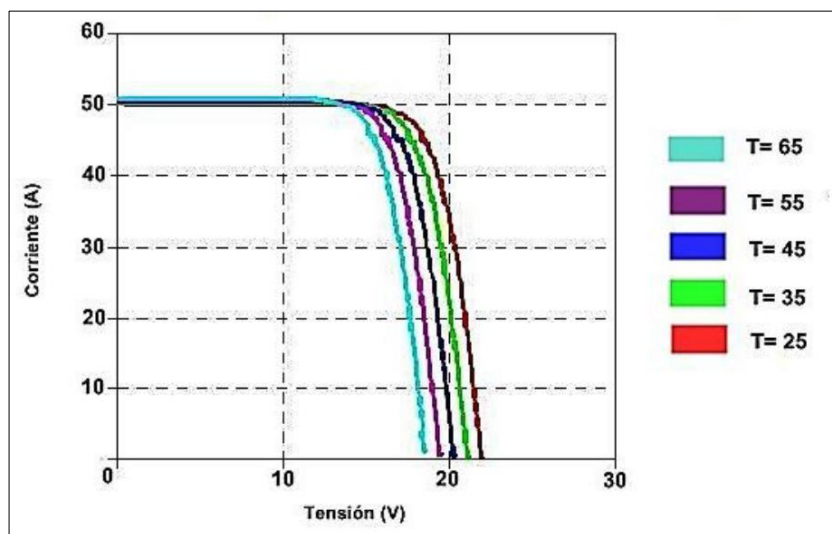


Fig.13. Variación de la curva con la temperatura

Fuente: López, y otros, 2013.

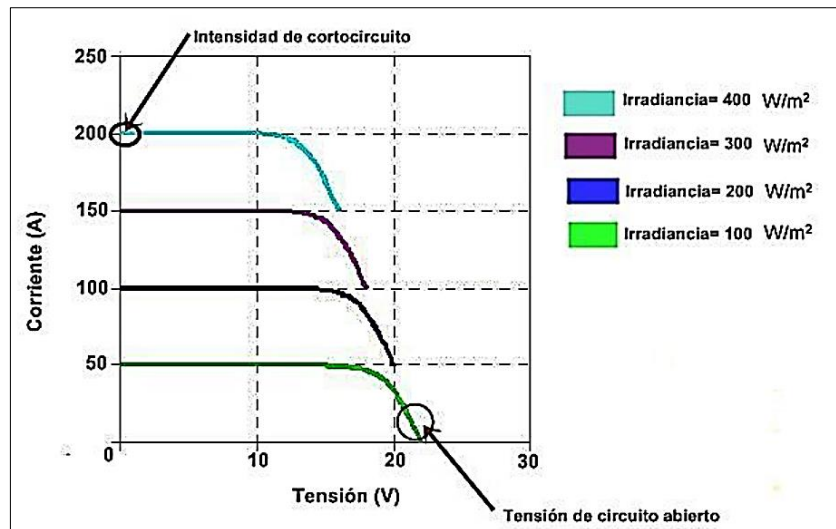


Fig. 14. Variación de la curva con la irradiancia a una T constante de 25°C

Fuente: López, y otros, 2013.

d.2.6 Acumuladores o Baterías

Son los elementos encargados de realizar la función de almacenar energía cuando la producción fotovoltaica exceda la demanda de la aplicación, para entregarla al usuario en forma de corriente continua.

Este elemento resulta ser de gran importancia en la aplicación de paneles solares, debido a su papel principalmente de acumulación de la energía y la estabilización de la tensión de la respectiva instalación; por otro lado las baterías deben ser sometidas a ciclos diarios y a ciclos estacionales. El ciclo diario se debe a la existencia de un consumo de energía durante la noche. El ciclo estacionario está asociado a los periodos de baja radiación cuyas características de profundidad y duración dependen del consumo diario durante 24 horas, y de la climatología del lugar. La relación costo-beneficio en las instalaciones fotovoltaicas más características, conduce a baterías con una capacidad utilizable en el rango de 3 a 8 veces la energía diariamente consumida por la carga. Los requisitos exigibles a una batería fotovoltaica serán entonces la resistencia al ciclo y el poco mantenimiento. En el mercado estas baterías se ofrecen con una vida útil superior a 10 años, aunque existen experiencias en la que la duración real ha superado los 12 años. Los fabricantes garantizan un tiempo de vida de 7 años para las baterías estacionarias de placa plana y de 10 años para las tubulares. Como valor de partida se considera de forma muy conservadora 5 años, con periodos de mantenimiento de una o dos veces al año. El uso



conveniente de estas baterías en aplicaciones fotovoltaicas sugiere capacidades grandes que limiten el valor de la profundidad de descarga diaria y utilizar un electrolito de menor densidad al habitual, con el fin de disminuir la corrosión y alargar la vida de las baterías.

La utilización de baterías en instalaciones fotovoltaicas no requiere precauciones muy específicas y es suficiente con seguir las normas generales de mantenimiento que aconsejan los fabricantes. No obstante conviene insistir sobre algunos aspectos relativos a las cargas de igualación o ecualización.

Fenómenos como la pérdida de material, la pérdida de electrolito, asociadas a la conexión en serie de estos elementos, pueden afectarlos en diferentes características y resultar dañinos para la vida útil de la batería.

Los fenómenos de dispersión están asociados fundamentalmente a los procesos de descarga y su permanencia en esta, este fenómeno se presenta principalmente al final de las estaciones de mal tiempo y es allí donde conviene efectuar las cargas de igualación.

Existen dos tipos de baterías, las llamadas principales (que pierden su vida útil al terminase el químico que la compone, y no son recargables), y las secundarias, que son las recargables. (Calvo, 2009)

d.2.6.1 Batería de plomo ácido

Está constituida en esencia por un ánodo de bióxido de plomo, un cátodo de plomo y un electrolito de ácido sulfúrico diluido en agua. La primera batería de plomo-ácido fue construida en 1859 por Planté, a base de planchas de plomo macizo, en una de las cuales se forma óxido de plomo por paso de corriente. Su mayor inconveniente es que necesitan mucho tiempo para su fabricación lo cual incrementa su costo. Además la penetración del electrolito en el interior de las planchas, por su macicez, limita la velocidad de la carga y descarga de la batería. (Calvo, 2009)

d.2.6.2 Batería Níquel – Cadmio “NiCd”

Son baterías recargables para uso residencial e industrial cada vez se usan menos; tienen una desventaja y es su efecto memoria y su componente químico el Cadmio que es altamente contaminante. Presenta ciclos de carga y descarga entre 1.000 y 1.500. En condiciones normales entregan un potencial de 1,3V, adicionalmente estas baterías no se



deben poner a cargar preferiblemente hasta que estén totalmente descargadas, para evitar así su deterioro.

Tabla 2. Características de las baterías usadas en las instalaciones fotovoltaicas

BATERIAS	Pb – ácido	Ni – Cd
Tiempo de vida	600 – 1.500	1.500 – 3.000
Eficiencia	83 - > 90	71 %
Auto descarga (mensual, %)	3 – 10	6 – 20
Rango de operación	- 15 a + 50	- 40 a 45
Tensión máxima	2,4 Voltios	1,55 Voltios
Temperatura	- 20oC a + 40oC	- 40oC a + 50oC
Humedad	< 95%	< 95%

Fuente: Calvo, 2009

Las baterías pueden tener tiempos de trabajo entre 3 y 15 días, dependiendo de la cantidad de irradiación solar presente en el momento, la batería normalmente será cargada durante el día y descargada durante la noche, entre el 2% y el 20% de la carga de la misma, en el verano la batería podrá operar entre el 80% y 100% de su carga, y el valor máximo de carga de la batería, normalmente estará limitado por un regulador de voltaje.

Las baterías para uso fotovoltaico, se caracterizan principalmente por ser: abiertas, reguladas con válvulas y selladas herméticamente “solo baterías Níquel Cadmio.”

De las baterías secundarias, se puede decir que su principal característica es la capacidad que estas presentan para el almacenamiento de energía eléctrica, expresada en amperios horas: que a su vez puede variar con la temperatura del electrolito, la corriente de descarga y el voltaje final de la batería. También se debe tener en cuenta que la capacidad de la batería se calcula sobre el consumo diario y el número de días de autonomía considerado conveniente.

Tabla 3. Capacidades típicas de las baterías en aplicaciones solares.

Capacidad Ah	Corriente A	Tiempo de descarga h	Voltaje final (12V)	
			Voltaje por celda Pb - ácido	Voltaje por celda Ní - Cd
C240	I240	240	1,90	1,00
C120	I120	120	1,85	1,00
C10	I10	10	1,80	1,00
C5	I5	5	1,75	1,00

Fuente: Calvo, 2009



Las baterías secundarias Pb-ácido deben ser protegidas contra sobrecargas para evitar que pierdan la capacidad de almacenar carga por el fenómeno de sulfatación. Las baterías Ni-Cd, normalmente no presentan este fenómeno. (Calvo, 2009)

d.2.7 Regulador

Son elementos que permiten cargar las baterías adecuadamente y evitar adicionalmente sobrecargas y descargas excesivas de las baterías. Siempre que se use baterías en algún sistema fotovoltaico debe haber también algún tipo de regulador que soporte las necesidades de la batería.

Los reguladores actuales incluyen algunos tipos de protecciones tales como:

Protección contra corto circuito; que desconecta la salida de la carga, de hecho el regulador, intentará restaurar la salida cada segundo. Cuando la falla desaparece, la salida del circuito de carga, vuelve a restaurarse.

Protección contra sobre tensiones; estas normalmente en la mayoría de los casos es causada por fenómenos naturales como son las descargas eléctricas, en este caso la protección está conformada por varistores conectados tanto a la entrada como a la salida de las líneas de alimentación. Cabe anotar además que algunos reguladores, permiten la inversión de polaridad en los bornes de la batería y el panel solar. (Calvo, 2009)

d.2.8 Inversor o convertidor Dc/Ac

Sabiendo que los paneles solares entregan corriente directa o continua, se hace necesario el uso de inversores de corriente; para conversión de la misma; en caso de requerirse de corriente directa o continua (DC o CC) a corriente alterna, para alimentar algunos puntos de iluminación u electrodomésticos, que trabajan necesariamente con corriente alterna. Normalmente los inversores están conformados por tres etapas como muestra la figura, y a la salida se deberá entregar una forma de onda seno apropiada, para suplir la necesidad requerida.

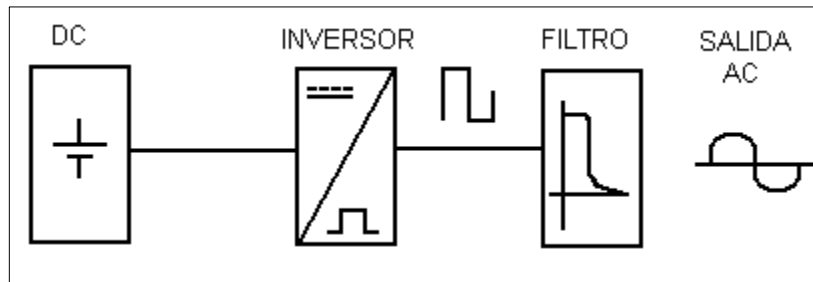


Fig.15. Esquema inversor Dc-Ac

Fuente: Calvo 2009.



d.3 CAPÍTULO III: MÉTODOS TRADICIONALES DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS

d.3.1 Valor Presente Neto (VPN)

Es el valor actual de los flujos de caja netos menos la inversión inicial, también es el valor resultante de descontar la inversión y la suma recibida por el inversionista por su inversión. En otras palabras es el remanente neto que recibe el inversionista hoy, después de descontar los ingresos a una tasa de descuento y restarle la inversión inicial. La regla de decisión se basa en los siguientes criterios si se obtiene un VPN mayor que cero se acepta la inversión, si por el contrario el cálculo del VPN es menor que cero se rechaza y por último si este valor del VPN es igual a cero se es indiferente a realizar o no la inversión, pero si se desea ordenar todas las alternativas entre un grupo de ellas, la regla de decisión nos dice que se elegirá aquella que tenga mayor VPN. (Domingo, 2005)

d.3.2 Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de rendimiento que hace que el VPN sea igual a cero, se la define como la tasa de descuento por la cual el VPN es igual a cero o la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Las ventajas del TIR entre ellas, que está estrechamente relacionada con el VPN, no exige la tasa crítica de rentabilidad lo que mitiga el riesgo de determinar una tasa errónea y la simpleza porque da un panorama general del mayor flujo potencial de efectivo del proyecto a evaluar. Sin embargo presenta desventajas como, que no opera con flujos de efectivo no convencionales y que probablemente conduzca a decisiones incorrectas en las comparaciones de inversiones mutuamente excluyentes. (Domingo, 2005)

d.3.3 Relación Beneficio Costo (B/C)

Es la relación entre los beneficios y los costos o egreso de un proyecto. Se puede definir como la relación de los flujos de ingresos descontados entre los flujos de egresos o costos descontados de un proyecto, la regla de decisión de proyecto parte de que si es mayor que uno (1) se acepta de lo contrario se rechaza y se es indiferente ante una relación Beneficio-Costo igual a la unidad. (Domingo, 2005)



e. MATERIALES Y MÉTODOS

e.1 Materiales

Los materiales usados en la presente investigación se detallan a continuación:

- Calculadora
- Datos meteorológicos 2013 de la estación “La Argelia”
- Software Excel y Word
- Vivienda tipo.
- Internet.
- Software solar (Homer).

e.2. Métodos

El método para la presente investigación será el siguiente:

e.2.1 Método del mes peor

Se utilizó el “método del mes peor” sugerido por (Bayod, 2009) por su simplicidad, que realiza un balance de energía eléctrica entre la oferta (energía solar) y la demanda (energía requerida para el funcionamiento de la vivienda tipo). Este método supone que no habrá problemas en el suministro durante el resto del año, si la instalación es capaz de asegurar el suministro en el periodo en el cual la relación de la radiación disponible y el consumo de energía es más crítica.

Este método de dimensionamiento utiliza valores medios mensuales de radiación global y valores medios diarios de carga instalada. La hipótesis básica de dimensionado para instalaciones aisladas de la red eléctrica, según el <<método del mes peor>>, es la de abastecer en su totalidad las necesidades definidas en el mes de menor relación entre los consumos y la radiación, contando con la seguridad de una capacidad de acumulación necesaria para cubrir un cierto número de días de bajo nivel de radiación (días de autonomía). Este número máximo de días de autonomía previstos para la instalación estará definido en función de las características climatológicas de la zona y del uso o fiabilidad de la instalación.



Con objeto de ayudar en el seguimiento y realización del método, se puede realizar una serie de cuadros que recojan, por una parte, una evaluación de la energía necesaria a partir de la descripción de los distintos elementos de consumo (Bombillas, electrodomésticos), su potencia y sus horas de funcionamiento, con el fin de evaluar los consumos requeridos. Este proceso debe realizarse tanto para los aparatos de corriente continua como para los de corriente alterna. (Bayod, 2009)

e.2.2 Evaluación de la energía necesaria

Para estimar el consumo de energía consumida por nuestra instalación y se evaluara por separado tanto para corriente continua, como para la alterna. Se tendrá en cuenta variaciones estacionales, hábitos, etc. Por lo que se debería hacerse un cálculo para todos los meses, pero en casos en donde de sistemas de electrificación con consumos idénticos a lo largo del año, bastara con hacerse una sola estimación. Además de incluir las pérdidas diarias de energía por el autoconsumo de los equipos (regulador, inversor, etc.).

La energía que la aplicación considerada necesita consumir cada mes va a depender, exclusivamente, del tipo de equipos que componen la carga, así como el tiempo de utilización de los mismos.

Los datos necesarios que habrán de conocerse de cada equipo serán:

1. La potencia, tomada como nominal de los equipos, y que aparece en las características de los mismos.
2. El número de horas de funcionamiento diario.

La energía necesaria para el consumo del equipo en cuestión será el producto del número de equipos iguales por la potencia y por el número de horas diarias de funcionamiento.

$$\mathbf{Consumo = P * N * H} \quad (1)$$

Dónde:

$$\mathbf{Consumo = Watos/hora/día (Wh/día)}$$

$$\mathbf{P = Potencia en Watos (W)}$$



N= Número de equipos

H= Horas/día de funcionamiento

Esto se aplicara tanto en el caso de los equipos de corriente continua como de corriente alterna. (Bayod, 2009)

e.2.2.1 Evaluación del consumo total

Para la evaluación del consumo total se considerara un margen de seguridad de captación (E_b): Corresponde a las pérdidas en el cableado, variaciones en los consumos previstos inicialmente, consumo del regulador y ciclado de la batería, etc. En principio puede estimarse en un 15% para la mayoría de los casos. (Bayod, 2009)

$$E_b = \frac{100 + \%E_b}{100} \quad (2)$$

Dónde:

E_b = Margen de seguridad.

$\%E_b$ = Porcentaje a considerar dependiendo del caso.

Los consumos en continua (C_c), serán, por tanto, el producto de $(100 + E_b)/100$ por o calculado para el conjunto de los equipos de consumo (T_{cc}):

$$C_c = (100 + E_b) * \frac{T_{cc}}{100} \quad (3)$$

Dónde:

C_c = Consumos en corriente continua (Wh/día)

E_b = Margen de seguridad de captación (%)

T_{cc} = Total del consumo en Corriente Continua (Wh/día)

Para el caso de los consumos en alterna ah de tenerse también en cuenta, la eficiencia del inversor (E_i): que es la relación entre la energía que se aporta al inversor y la realmente disponible para el consumo. El inversor tiene un consumo propio constante y un



rendimiento variable en función de la carga que se suministre. En principio, y salvo disponer de informaciones más precisas, puede tomarse como valor medio el 85%. (Bayod, 2009)

Por lo tanto los consumos en corriente alterna (C_a), serán el resultado de la operación siguiente:

$$C_a = \frac{(100+E_b)*T_{ac}}{E_i} \quad (4)$$

Dónde:

$C_a =$ Consumos en corriente alterna [Wh/dia]

$T_{ac} =$ Total del consumo en corriente alterna [Wh/dia]

$E_i =$ Eficiencia del inversor [%]

Y el consumo diario total de los equipos será:

$$C_t = C_c + C_a \quad (5)$$

Dónde:

$C_t =$ Consumo total diario [Wh/dia]

$C_c =$ Consumo en corriente continua [Wh/dia]

$C_a =$ Consumo en corriente alterna [Wh/dia] (Bayod, 2009)

e.2.3 Evaluación de la radiación solar disponible

La energía que capta un panel solar fotovoltaico va a depender tanto de la climatología del lugar como del ángulo de inclinación que el panel posea respecto a los rayos solares.

Los valores de radiación solar, tanto directa como difusa, que afectan a una determinada ubicación pueden medirse físicamente mediante unos instrumentos denominados pirómetros.



El cálculo exacto de la energía solar incidente de una determinada ubicación es un complicado problema estadístico y físico. Sin embargo, se pueden realizar aproximaciones suficientemente aceptables suponiendo que la energía recibida es la correspondiente a la media de la provincia en la que se instala el sistema fotovoltaico.

Los paneles deben estar orientados perfectamente hacia el Sur, aunque en casos excepcionales (sombras por montañas, edificaciones, etc.) puede ser conveniente variar ligeramente esta orientación, o según lo que recomiende la IDAE para la latitud a la que se encuentre el lugar. (Bayod, 2009)

e.2.3.1 Módulos Fotovoltaicos

Si se opta por instalación fija, sin seguimiento solar, el ángulo óptimo de inclinación del generador fotovoltaico se puede relacionar con la latitud de un determinado lugar, mediante la siguiente ecuación donde ambos ángulos se expresan en grados y φ es la latitud del lugar:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,67\varphi \quad (6)$$

Dónde:

β_{opt} = Ángulo óptimo de inclinación [grados].

φ = Latitud del lugar [grados]. (Bayod, 2009)

La inclinación óptima puede variar a lo largo del año, (máxima en verano, mínima en invierno) por lo tanto, para una instalación de módulos fijos, en instalaciones aisladas se suele escoger un valor de inclinación para la máxima potencia media recibida anualmente.

Esto puede variar si se diseña para una instalación de uso solo en verano, en este caso se escogería un valor de inclinación para la máxima potencia media recibida en esos meses.

En función de su uso se tomará una inclinación u otra. En función de la latitud del lugar, si su uso es invierno o en verano. Tal como se observa en la tabla 4.



Tabla 4. Inclinaciones en Función de la Latitud.

Latitud del lugar	Ángulo de inclinación	Ángulo de inclinación
Instalación (en grados)	INVIERNO	VERANO
0 a 15°	15°	15°
15a 25°	IGUAL QUE LATITUD	IGUAL QUE LATITUD
25 a 30°	Latitud + 5°	Latitud - 5°
30 a 35°	Latitud + 10°	Latitud - 10°
35 a 40°	Latitud + 15°	Latitud - 15°
> 40°	Latitud + 20°	Latitud - 20°

Fuente: Pareja, 2009

Para uso anual se suele tender a escoger un valor aproximado a la latitud, para que haya una mejor captación en invierno respecto de verano.

Se debe tomar en cuenta que según en el hemisferio que nos encontremos debemos orientar hacia el hemisferio contrario nuestros paneles, por ejemplo si estamos en el hemisferio Norte se debe orientarlos hacia el sur geográfico y o si está en el hemisferio Sur se orientan al Norte geográfico; no se debe confundir el Norte geográfico con el Sur geográfico porque son dos cosas distintas. También puede utilizarse sistemas de seguimiento solar con el objeto de aumentar la captación de la energía. (Pareja, 2009)

e.2.4 Cálculo de la relación consumos/radiación

En este paso se relacionan los consumos en (Wh/día) para cada uno de los meses del año con la radiación disponible.

En el caso de una instalación concreta, se habrá de rellenar la fila con los valores de consumo, así como la fila titulada Radiación Disponible R_d , donde se irán consignando para cada mes los distintos valores de energía incidente sobre los paneles (en



kWh/m²/dia), una vez conocida la localización geográfica de la instalación y se haya decidido entre las dos opciones de inclinación posibles. (Bayod, 2009)

La relación de consumos/radiación disponible (C/R) se calcula según:

$$\frac{C}{R} = \frac{C_t}{R_d} \quad (7)$$

Dónde:

C/R = Relación Consumos/Radiación disponible [adimensional]

C_t = Consumo Total de la instalación [Wh/dia]

R_d = Radiación Disponible [kWh/m²/dia]

e.2.5 Tamaño del campo de captación

En primer lugar se elige el panel con el que se desean realizar los cálculos. A partir de la potencia de captación del panel elegido (P_p), en Watios-pico (Wp), y del mayor valor de C/R (C/R_{max}) se calcula el número de paneles necesario, N_p , utilizando la expresión.

$$N_p = 1,1 * C/R_{max}/P_p \quad (8)$$

Dónde:

N_p = Número de paneles

C/R_{max} = Mayor valor de la relación consumo/radiación disponible.

P_p = Potencia del panel seleccionado [Wp]

El factor 1,1 sirve para compensar posibles pérdidas debidas a errores en la orientación, limpieza de los paneles, mismacht, etc. (Bayod, 2009)

e.2.6 Dimensionamiento del sistema de acumulación

Para evaluar el tamaño del sistema de acumulación es necesario definir previamente los siguientes factores:



- *Días de autonomía (D)*: Corresponden al tiempo que podrá funcionar la instalación sin recibir radiación solar en condiciones adecuadas. Este parámetro está fuertemente condicionado por las características climáticas del emplazamiento y por las necesidades de fiabilidad del suministro. Habitualmente, para instalaciones de electrificación rural este factor puede ser de 4 o 6 días, mientras que para aplicaciones profesionales puede superar los 10. El pliego de condiciones técnicas del IDAE recomienda que como norma general, la autonomía mínima de sistemas con acumulador sea de 3 días. En aplicaciones especiales, instalaciones mixtas eólico-fotovoltaicas, instalaciones con cargador de baterías o grupo electrógeno de apoyo, etc., podrá reducirse el número de días de autonomía.
- *Máxima profundidad de descarga (M_{pd})*: Corresponde al límite de descarga que puede alcanzar la batería, sin perjudicarla de cara a sus prestaciones. Para los casos más habituales de electrificación rural, puede tomarse este valor como un 70%. Las baterías empleadas en otro tipo de sistemas pueden permitir profundidades de descarga superiores al 90%.
- *Tensión de trabajo de la instalación (V)*: Elegida en función de las características de la instalación, lo más usual son tensiones de 12 o 24 V en el caso de instalaciones de electrificación rural. (Bayod, 2009)

La capacidad de acumulación (Q), en amperios-hora (Ah), se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{110 * C_t * D}{V * M_{pd}} \quad (9)$$

Dónde:

Q = Capacidad de acumulación [Ah].

M_{pd} = Máxima profundidad de descarga [Dias].

V = Tension en Corriente Continua de trabajo [V].

C_t = Consumo Total de la instalación [Wh/dia].



El pliego de Condiciones Técnicas del IDEA de instalaciones Aisladas a la red especifica que para asegurar una adecuada recarga de las baterías, la capacidad nominal del acumulador (en Ah) no excederá en 25 veces la corriente (en A) de cortocircuito en STC del generador fotovoltaico.

También se indica que la máxima profundidad de descarga (referida a la capacidad nominal del acumulador) no debe exceder el 80% en instalaciones donde se prevea que cargas tan profundas no sean frecuentes. Además recomienda que la autodescarga del acumulador a 20°C no deba superar el 6% de su capacidad por mes. Así como las diferentes medidas de protección necesarias para evitar cortocircuitos del acumulador (cubiertas aislantes). (Bayod, 2009)

e.2.7 Elección del regulador de carga

Para la elección del regulador lo principal es que su tensión nominal de operación coincida con la del sistema (12V dc o 24V dc, o 48V dc) y que sea capaz de soportar las corrientes que ah de gestionar. Es decir los parámetros son la tensión y la corriente que gestiona (se mira la corriente que envían los paneles en condiciones estándar y la corriente que absorben las cargas. Se recomienda que la corriente nominal del regulador sea un 25% superior a la corriente que proviene de los paneles o absorbe la carga.

$$I_{reg} = I_{tp} * 1,25 + I_{tp} \quad (10)$$

Dónde:

$$I_{reg} = \text{Corriente del regulador [A]}.$$

$$I_{tp} = \text{Corriente Total proveniente de los paneles [A]} \text{ (Bayod, 2009)}$$

e.2.8 Elección del inversor

Para la selección de inversor(es) hay que atender a la potencia de las cargas que deben alimentar simultáneamente. Es necesario que la tensión de entrada (continua) se corresponda con la tensión de trabajo de los paneles y la batería, y la de salida (alterna) corresponda a la operación de las cargas que se quieren operar.



Si tan solo se va a alimentar una carga de potencia P , se dimensionara con una potencia igual a dicha potencia P . Debe preverse que en los arranques quizá la carga absorba una potencia superior a P . El inversor debe soportar esa punta de potencia. Habitualmente indican unos valores de sobrecarga admisible durante un tiempo limitado, con objeto de soportar esos picos de arranque. Existen inversores con sobrecargas admisibles durante unos segundos del 200% y 300% de su potencia nominal.

Si son varias cargas de AC que han de alimentarse desde el inversor, hay que prever la simultaneidad entre ellas. De esta forma se establece cual es la potencia que debe realmente proporcionar el inversor en un instante determinado. Pero si se cuenta con varios equipos es poco probable que todos ellos funcionen simultáneamente. Se hará la previsión de lo que es razonable que funcione a la vez.

Debe tenerse en cuenta que si alimentamos una carga de poco consumo con un inversor de mucha potencia, el inversor operara con baja eficiencia, es decir, tendrá un autoconsumo elevado en relación con la carga a accionar. Lo ideal es que se ajuste lo mejor que se pueda. (Bayod, 2009)

e.2.9 Dimensionamiento del cableado

Es muy importante que la sección de los cables empleados se la adecuada. En la parte de corriente continua de la instalación se suele trabajar con muy baja tensión pero con intensidades de corriente relativamente altas. Por tanto si la sección del conductor no es la adecuada, las pérdidas podrían ser elevadas y consecuentemente provocar incendios. (Bayod, 2009)

Es necesario minimizar en lo posible la longitud de los cables. Para ello hay que reducir lo que se pueda la distancia entre los módulos solares, el regulador y las baterías. Y la sección de los cables se ha de escoger de forma que las caídas mínimas de tensión comparadas con la tensión de trabajo, estén por debajo de los siguientes valores:



Tabla 5. Caídas de tensión máximas de los sistemas fotovoltaicos

TRAMO	Caída de tensión máxima (%)
<i>Generador y Regulador/Inversor</i>	3
<i>Regulador y Batería</i>	1
<i>Inversor y Batería</i>	1
<i>Regulador e Inversor</i>	1
<i>Inversor/Regulador y Cargas</i>	3

Fuente: Bayod 2009

Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables. (Bayod, 2009)

e.2.9.1 Cálculo de la caída de tensión

Si se trata con conductores de cobre, puede aplicarse la siguiente fórmula para el cálculo de la caída de tensión tanto en la parte de CC como en la de CA:

$$\Delta V = \frac{2L}{56 S} * I \quad (11)$$

Dónde:

S = Sección mínima del cable [mm^2]

L = Longitud del cable (solo ida) [m]

I = Intensidad máxima [A]

V = Tensión de trabajo [V]

ΔV = Caída de tensión [%]. (Bayod, 2009)

En el caso de instalaciones monofásicas, la intensidad máxima transportada estará dada por la siguiente expresión:



$$I = \frac{P}{U \cos\varphi} \quad (12)$$

Dónde:

I = Intensidad máxima [A]

P = Potencia nominal del inversor [W]

U = Tensión de trabajo en alterna [V]

$\cos\varphi$ = Factor de potencia. (Bayod, 2009)

e.2.9.2 Cálculo de la sección mínima del conductor

Despejando de la ecuación 10 tenemos que la sección mínima del conductor tanto para CC como CA será:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I \quad (13)$$

Dónde:

ΔV = Caída de voltaje según voltaje de trabajo (%)

I = Intensidad máxima [A]

L = Longitud del cable (solo ida) [m]

S = Sección mínima del cable [mm²]. (Bayod, 2009)

e.2.10 Dimensionado de Protecciones

La protección térmica, sin incluir los diseñados para operar en régimen de trabajo especiales se realiza fundamentalmente considerando que el motor o aparatos a proteger posea o no el dato de factor de servicio (S.F). En caso de no tener o conocer su factor de servicio se considerara que será igual a 1 y si posee este será de 1,15 con lo cual en la siguiente tabla atendiendo según el factor de servicio para la selección de nuestro disyuntor. (Carrión, 2013)



Tabla 6. Máxima calibración en ampere de las protecciones térmicas ajustables contra sobrecarga para diferentes motores eléctricos atendiendo al factor de servicio.

Motores en los cuales no se especifica el dato de factor de servicio, o se establece que poseen S.F.=1,0	$1,15 \times I_{nom}$
Motores con S.F.=1,15	$1,25 \times I_{nom}$

Fuente: Enríquez, 2003

e.2.10.1 Cálculo de la Protección contra Cortocircuitos

Para la selección de protecciones contra cortocircuitos, se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

- Métodos de arranque
- Letras o códigos en las chapas (si la poseyera)
- Tipo de motor

Una selección de fusibles o disyuntores sin atender a estos factores podría provocar que la corriente tomada para el motor o aparatos al momento de arrancar ocasionara los siguientes problemas.

- Accionamiento indebido de las protecciones contra cortocircuitos, con las consiguientes interrupciones innecesarias en la operación del equipo, si la selección se hubiese hecho con un valor inferior al necesario.
- Deterioro del aislamiento en algunos casos por no responder adecuadamente la protección, si la selección se hubiese realizado con un valor superior al necesario. (Carrión, 2013)



Tabla 7. Valores de corrientes con las que se fabrican las protecciones convencionales contra cortocircuitos de circuitos eléctricos

TIPO	MODELO	VOLTAJE	Breaker (A)
Monofásico	TQL1110	120Vac	10
Monofásico	THQB1115HID	120Vac	15
Monofásico	THQB1120	120Vac	20
Monofásico	THQB1125	120Vac	25
Monofásico	THQB1130	120Vac	30
Monofásico	THQB1135	120Vac	35
Monofásico	THQB1140	120Vac	40
Monofásico	THQB1145	120Vac	45
Monofásico	THQB1150	120Vac	50
Monofásico	THQB1170	120Vac	70

Fuente: General Electric, 2013.

e.2.11 Software HOMER

Es un modelo de optimización para la potencia distribuida, simplifica la tarea de los diseños de evaluación de ambos sistemas, de potencia fuera de la red y conectadas a la red para una variedad de aplicaciones.

El número largo de las opciones de tecnología y la variación de los costos en tecnología y la disponibilidad de recursos energéticos hacen estas decisiones difíciles. La optimización y el análisis logarítmico de sensibilidad hace fácil evaluar muchas de las configuraciones posibles del sistema.

Para utilizarlo, se proporciona el modelo con entradas que describan opciones tecnológicas, costos de componentes, y la disponibilidad de recurso. Se utiliza estas entradas para simular configuraciones diferentes del sistema, o combinaciones de componentes, y genera resultados que se pueden visualizar como una lista ordenada de configuraciones posibles por el costo neto actual. También despliega resultados de simulación en una variedad amplia de tablas y gráficos que ayudan a comparar las configuraciones y evaluar sobre los méritos económicos y técnicos. Además se pueden exportar las tablas y los gráficos para utilizarlos en informes y presentaciones.



Cuándo se quiera explorar el efecto que cambia en factores tales como la disponibilidad del recurso y condiciones económicas que pueden tener sobre el costo de efectividad de configuraciones diferentes del sistema, se puede modelar para realizar el análisis de sensibilidad. Para llevar a cabo un análisis de sensibilidad, se prepara al software con valores de análisis que describan un rango de disponibilidad de recursos y costos de componentes. Este simula cada configuración de sistema sobre el rango de valores. Se puede utilizar los resultados de un análisis de sensibilidad para identificar los factores que tengan un impacto más grande sobre el diseño y el funcionamiento de un sistema de potencia. También se puede utilizar los resultados del análisis de sensibilidad para responder preguntas generales sobre las opciones tecnológicas para informar las decisiones políticas y de planificación. (Mattio, 2004)

e.2.11.1 Simulación

Simula el funcionamiento de un sistema para realizar cálculos del balance de energía para cada una de las 8.760 horas en un año. Para cada hora, este compara la demanda eléctrica y térmica en la hora para la energía que el sistema pueda suministrar en esa hora, y los cálculos de los flujos de energía para cada componente del sistema. Para los sistemas que incluyen baterías o generadores diésel, también decide para cada hora, cómo funcionan los generadores y si cargan o descargan las baterías.

Se realiza estos cálculos del balance de energía para cada configuración del sistema que se quiera considerar. Además determina si una configuración es posible, es decir, si éste puede hallar la demanda eléctrica bajo las condiciones que se especifique, y las estimaciones del costo de instalación y de funcionamiento del sistema sobre el tiempo de vida del proyecto. El sistema de cálculos del costo considera por costos el capital, reemplazo, funcionamiento y mantenimiento, combustibles y/o intereses. (Mattio, 2004)

e.2.11.2 Optimización

Después de la simulación de las configuraciones posibles del sistema, este despliega una lista de configuraciones, ordenadas por el costo neto actual (a veces llamado ciclo de vida del costo) que se pueda utilizar para comparar las opciones del diseño del sistema. (Mattio, 2004)



e.2.11.3 Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad lo hace al introducir las variables como: recurso solar, curvas de carga diaria, velocidad de viento, Diésel; así como rangos económicos entre ellos tasa de interés y el tiempo de vida del proyecto. Se repite el proceso de optimización para cada variable que ya se especificó, para hacer una evaluación más exacta y acercada a la realidad para evaluar el comportamiento del sistema de diseño. (Mattio, 2004)



f. RESULTADOS

f.1 ANÁLISIS DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

f.1.1 Consumo en Corriente Continua

En el Tabla 8. Se presenta los consumos de energía en la vivienda Tipo (una planta) escogida para la presente tesis, que contara con los siguientes aparatos:

Tabla 8. Consumo Corriente Continua Casa Tipo residencial

CONSUMO CASA TIPO RESIDENCIAL (CC)						
APARATO ELECTRÓNICO	CANTIDAD	POTENCIA [W]	POTENCIA TOTAL	TIEMPO DE USO EN HORAS DIARIAS	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	CONSUMO EN Wh
Luminarias (Marca: Phocos)	4	15	60	6	0,9	360
TOTAL DIARIO [Wh/día]						360
<i>Margen de seguridad[Eb]</i>					15%	414
TOTAL CONSUMO EN CC						414

Fuente: Autor

Con esto se puede decir que T_{cc} (total de corriente continua) será 414 Wh/día para el consumo de un hogar promedio. El factor de simultaneidad fue tomado de (Flores, 2007). Este dato servirá más adelante para verificar cuanta energía se necesita producir para cubrir las necesidades de este tipo de vivienda.

f.1.2 Consumo en Corriente Alterna

En el Tabla 9. Se presenta los consumos de energía en la vivienda Tipo (una planta) escogida para la presente tesis. Que contará con los siguientes aparatos:



Tabla 9. Consumo Corriente Alterna Casa Tipo residencial

CONSUMO CASA TIPO RESIDENCIAL (CA)						
APARATO ELECTRÓNICO	CANTIDAD	POTENCIA [W]	POTENCIA TOTAL	TIEMPO DE USO EN HORAS DIARIAS	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	CONSUMO EN Wh
Focos	10	60	600	6	0,9	3.600
Refrigeradora	1	200	200	24	1	4.800
Radio	1	14	14	4	0,7	56
Cargador de celular	3	21	63	3	0,6	189
Laptop	1	170	170	6	0,5	1.020
TOTAL DIARIO [Wh/día]						9.665
<i>Margen de seguridad[Eb]</i>					15%	1.449,75
<i>Eficiencia del inversor[Ei]</i>					85%	1.705,58
TOTAL CONSUMO CA [Wh/día]						1.706

Fuente: Autor

Con esto se puede decir que Tca (total de corriente alterna) será 1.706 Wh/día para el consumo de un hogar promedio. Los factores de simultaneidad fueron tomados de (Flores, 2007). Este dato servirá más adelante para verificar cuanta energía se necesita producir para cubrir las necesidades de este tipo de vivienda.

f.1.3 Consumo Total

Por medio de la ec. (5) se tiene:

$$C_t = T_{ca} + T_{cc}$$

$$C_t = 1.706 + 414$$

$$C_t = 2.120[Wh/día]$$

El consumo total es 2.120 Wh/día, esta será la energía que tendrá que producirse para solventar las necesidades de todos los equipos instalados la vivienda tipo.



f.1.4. Radiación Solar Disponible

f.1.4.1. Datos de Radiación Solar de la ciudad de Loja

Para esta parte del cálculo al no contar con un documento o estudio realizado sobre la radiación solar de la Ciudad de Loja, se contó con la ayuda de la estación meteorológica “La Argelia”, ya que la misma viene funcionando y monitoreando el potencial solar de la ciudad de Loja desde el mes de Marzo del 2013 hasta la presente fecha. Los datos proporcionados logran que el presente trabajo sea lo más acercado a la realidad y los cuales se detalla en el Anexo I.

Se escogió para el desarrollo de la metodología de cálculo el año 2013 ya que el 2014 aún está incompleto.

f.1.4.2 Inclinación de los paneles solares

Por ser una instalación fija y no necesitar sistemas de seguimiento solar aplicando la ec. (6) y sabiendo que la ciudad de Loja se encuentra a una latitud de 4 grados, se obtiene que:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,67\varphi$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,67(4)$$

$$\beta_{opt} = 6,38^\circ \cong 7^\circ$$

La inclinación de 7° grados será la mínima inclinación que podrán tener los módulos solares, aunque se optará por 15° grados como recomienda la Tabla 4.

f.1.5. Relación consumos/Radiación

Aplicando la ec. (7) obtenemos la tabla 10:

$$\frac{C}{R} = \frac{C_t}{R_d}$$



Tabla. 10. Relación de Consumo/Radiación Solar Disponible (kWh/m²/día)

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Rd	-	-	3,7	4,04	3,87	3,13	2,97	3,35	3,84	3,92	4,93	3,93
Ct	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120	2.120
C/R	-	-	573	524,8	547,8	677,3	713,8	632,8	552,1	540,8	430	539,4

Fuente: Estación Meteorológica “La Argelia” del año 2013

De acuerdo con la tabla 10. El valor máximo de relación consumos/radiación es de 713,8 correspondiente al mes de julio (mes peor). Por tanto se requiere una potencia de 714 Wp, para solventar las necesidades de la vivienda tipo.

f.1.6. Tamaño del campo de captación

Utilizando la ec. (8) y la Tabla de especificaciones de equipos disponibles para energía fotovoltaica entregados por la Empresa “Ingeniería Verde”, que se adjunta en el Anexo II. Elegimos un panel solar marca GMA Solar GMA250P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canadá).

$$N_p = 1,1 * \frac{C}{R_{max} P_p}$$

$$N_p = 1,1 * \frac{714W_p}{250W_p}$$

$$N_p = 3,142 \cong 4 \text{ paneles}$$

f.1.7 Dimensionamiento del sistema de acumulación

Escogiendo los siguientes parámetros: **D**= 3días y **M_{pd}** =65% de profundidad de descarga, se aplica la ec. (9):

$$Q = \frac{110 * C_t * D}{V * M_{pd}}$$

$$Q = \frac{110 * 2.120 * 3}{24 * 65}$$

$$Q = 448,46 Ah$$

Se determinó que es necesario acumular 449 Ah aproximadamente para asegurar la autonomía del sistema. Y de acuerdo a la Tabla de especificaciones de equipos disponibles para energía fotovoltaica entregados por la Empresa “Ingeniería Verde”, que se adjunta en el Anexo II. Se Elegirá la batería *Ritar Power DC12-150, 12Vdc 150Ah*, (150Ah-10horas) con lo cual combinaremos 3 grupos (2 baterías conectadas en serie) y dispuestos en paralelo, 6 baterías en total para garantizar 450 Ah debido a que cada batería viene de 150Ah nominalmente, para obtener un voltaje de trabajo a 24V.

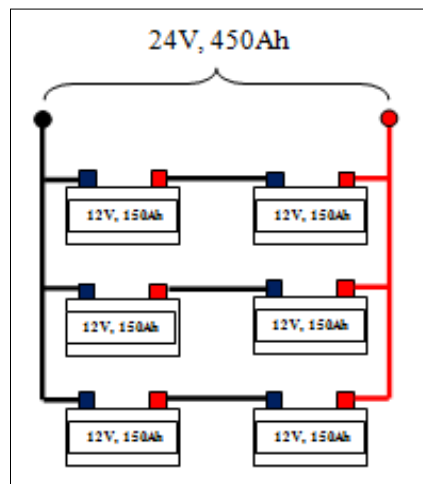


Fig.16 Disposición serie-paralelo para obtener el voltaje y corriente necesarios para el sistema

Fuente: Autor.

f.1.8 Elección del regulador de carga

Se debe tomar en cuenta que la corriente que soportara nuestro regulador será un 25% superior a la corriente que envía el panel fotovoltaico. La corriente de corto circuito que proviene del panel es de 8,87A, entonces tendríamos que una intensidad total de paneles es de 35,48A y utilizando la ec. (10) se tiene:

$$I_{reg} = I_{tp} * 25\% + I_{tp}$$



$$I_{reg} = (35,48 * 25\%) + 35,48$$

$$I_{reg} = 44,35 A$$

Utilizando la Tabla de especificaciones de equipos disponibles para energía fotovoltaica entregados por la Empresa “Ingeniería Verde” y que adjunta en el Anexo II. Se elegirá el regulador profesional *MPS 45 Interruptor de Alimentación Modular*, ya que el mismo cumple con la tensión y corriente requeridos.

f.1.9 Elección del Inversor

La elección del inversor tendrá en cuenta los siguientes aspectos: los electrodomésticos serán alimentados a una tensión de 110V, el sistema fotovoltaico opera a 24V en corriente continua y se tomará un factor de simultaneidad 1 para toda la potencia en corriente alterna.

Utilizando la Tabla de especificaciones de equipos disponibles para energía fotovoltaica entregados por la Empresa “Ingeniería Verde” y que adjunta en el Anexo II. Se escoge el inversor marca Victron Energy Phoenix Inverter 24/1200-120V NEMA 5-15R PIN241220500

f.1.10 Dimensionamiento del cableado en CC del sistema fotovoltaico

Tramo 1. (Generador y Regulador/inversor)

De la ec. (13) se tiene:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(6)}{56(0,72)} * 41,66$$

$$S = 12,4 mm^2$$

Se obtiene que la sección mínima de cable será $12,4 mm^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #8 AWG, el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión.



Tramo 2. (Regulador/Batería)

De la ec. (13) tenemos:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(2)}{56(0,24)} * 45$$

$$S = 13,39 \text{ mm}^2$$

Se obtiene que la sección mínima de cable sea $13,4 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #6 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión

Tramo 3. (Regulador y Carga en CC)

De la ec. (13) tenemos:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(10)}{56(0,24)} * (2,5)$$

$$S = 3,72 \text{ mm}^2$$

Se obtiene que la sección mínima de cable será $3,7 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #12 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión

Tramo 4. (Regulador e inversor)

De la ec. (13) tenemos:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(2)}{56(0,24)} * (45)$$



$$S = 13,39 \text{ mm}^2$$

Se obtiene que la sección mínima de cable sea $13,4 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #6 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión

f.1.11 Dimensionamiento del cableado en CA

Tramo 5. (Regulador/inversor y carga). Con una distancia de 6m desde el inversor al tablero general de nuestra vivienda.

Obtenemos la máxima corriente con la ec. (12) para un sistema monofásico (110V):

$$I = \frac{P}{U \cos\varphi}$$
$$I = \frac{1000}{110 \cos(0.92)}$$
$$I = 9,09 \text{ A}$$

Se determina la sección con la ec. (13):

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$
$$S = \frac{2(15)}{56(3,3)} * (9,09)$$
$$S = 1,48 \text{ mm}^2$$

Se obtiene que la sección mínima de cable será $1,5 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #14 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión.

La figura 17 muestra la disposición de los tramos para el sistema fotovoltaico de la casa tipo.

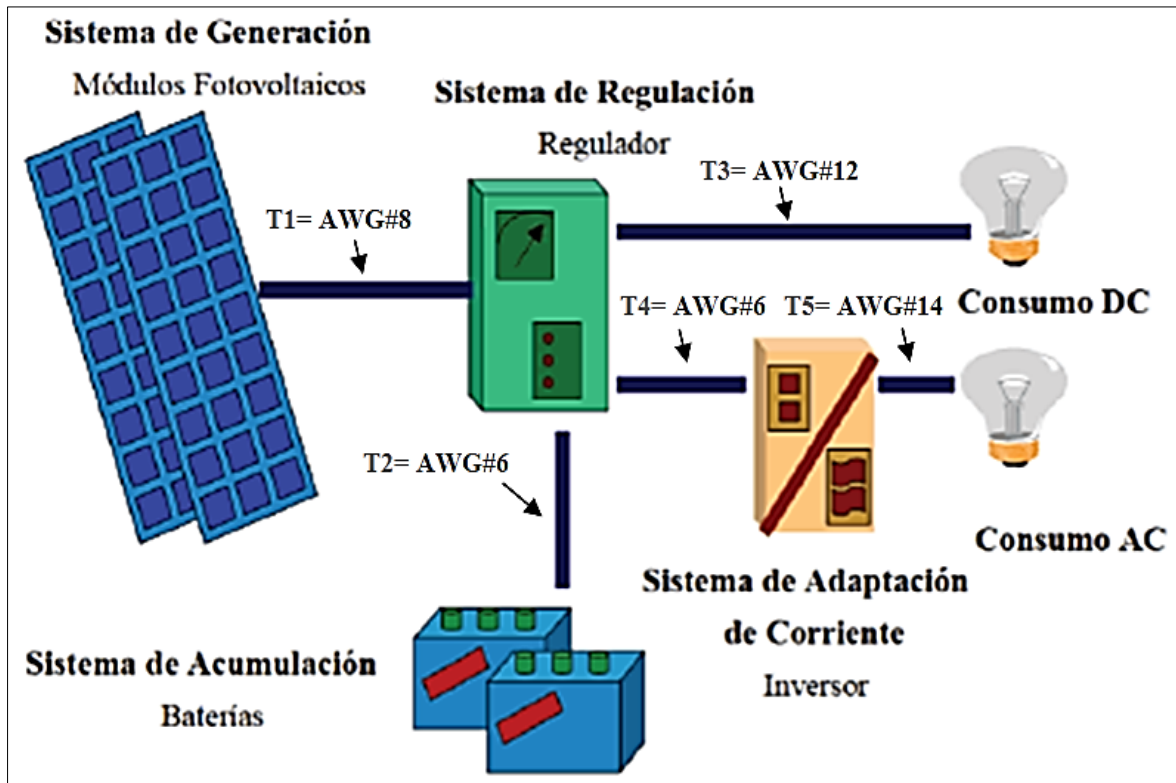


Fig.17 Tramos del sistema fotovoltaico autónomo

Fuente: Autor

f.1.12 Dimensionamiento de cables y protecciones de la vivienda tipo

De acuerdo a la potencia y voltajes a los que trabajaran los distintos aparatos para nuestra vivienda se escogerán los cables y protecciones, según la intensidad y las caídas de voltaje no superen en un 3%

Se dividirá en 3 circuitos nuestras protecciones como se muestra a continuación:

f.1.12.1 Circuito I. (Iluminación)

Este circuito constara de 8 luminarias, se calculara la sección del cable con la ec. (13) y se tiene que:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(20)}{56(3,3)} * (5,45)$$

$$S = 1,179 \text{ mm}^2$$



La sección mínima para este circuito será $1,179 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #14 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión.

Para el cálculo del breaker se hará de acuerdo al factor de servicio de 1,15 con lo que se obtendrá que la corriente según la Tabla 6 será:

$$I_{breaker} = 1,25 \times I_{nom}$$

$$I_{breaker} = 1,25 \times 5,45$$

$$I_{breaker} = 6,81 \text{ A}$$

La máxima corriente que se gestionara en este circuito será 6,81 A ya que comercialmente no existe uno de la misma corriente, el inmediato superior a esta corriente será 10A de acuerdo a la Tabla 7.

f.1.12.2 Circuito II. (Especial)

Este circuito constara solo de la refrigeradora y se calculará la sección del cable con la ec. (13) se tiene que será:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(10)}{56(3,3)} * (1,82)$$

$$S = 0,20 \text{ mm}^2$$

La sección mínima para este circuito será $0,20 \text{ mm}^2$, el mismo que equivale a un diámetro de 0,51mm. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #14 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión.

Para el cálculo del breaker se hará de acuerdo al factor de servicio de 1,15 con lo que se obtendrá que la corriente según la Tabla 6 será:

$$I_{breaker} = 1,25 \times I_{nom}$$



$$I_{breaker} = 1,25 \times 1,82$$

$$I_{breaker} = 2,28 \text{ A}$$

La máxima corriente que se gestionará en este circuito será 2,28 A ya que comercialmente no existe uno de la misma corriente, el inmediato superior a esta corriente será 10A de acuerdo a la Tabla 7.

f.1.12.3 Circuito III. (Reservas)

Este circuito constará de la laptop, radio, 3 cargadores de celular y se calculará la sección del cable con la ec. (13), con lo que se tendrá:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(20)}{56(3,3)} * (2,5)$$

$$S = 0,541 \text{ mm}^2$$

La sección mínima para este circuito será $0,54 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #14 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión.

Para el cálculo del breaker se hará de acuerdo al factor de servicio de 1,15 con lo que se obtendrá que la corriente según la Tabla 6 será:

$$I_{breaker} = 1,25 \times I_{nom}$$

$$I_{breaker} = 1,25 \times 2,5$$

$$I_{breaker} = 3,13 \text{ A}$$

La máxima corriente que se gestionará en este circuito será 3,13 A, ya que comercialmente no existe uno de la misma corriente, el inmediato superior a esta corriente será 10A de acuerdo a la Tabla 7.



f.1.12.4 Circuito IV. (Iluminación Cc)

Este circuito constara de 4 luminarias a 24V y se calculará la sección del cable con la ec. (13) se tiene que será:

$$S = \frac{2L}{56\Delta V} * I$$

$$S = \frac{2(22)}{56(0,72)} * (5)$$

$$S = 5,456 \text{ mm}^2$$

La sección mínima para este circuito será $5,46 \text{ mm}^2$. De acuerdo al Anexo VII, se tiene que para esta sección el número de cable será el #10 AWG el mismo que cumple con las características de corriente y mínimas caídas de tensión.

Para el cálculo del breaker se hará de acuerdo al factor de servicio de 1,15 con lo que se obtendrá que la corriente según la Tabla 6 será:

$$I_{breaker} = 1,25 * I_{nom}$$

$$I_{breaker} = 1,25 * 5$$

$$I_{breaker} = 6,25 \text{ A}$$

La máxima corriente que se gestionará en este circuito será 6,25 A ya que comercialmente no existe uno de la misma corriente, el inmediato superior a esta corriente será 10A de acuerdo a la Tabla 7.

En la Tabla 11, se resume los cables y breakers que serán utilizados para la protección de los circuitos internos de la casa tipo:

Tabla 11. Cables y brakers a utilizarse

CIRCUITOS	POTENCIA TOTAL [W]	VOLTAJE [V]	CORRIENTE [A]	# CALIBRE CABLE AWG	BREAKER [A]
CI. Iluminación	600	110	5,5	14	10
CII. Especial (refrigeradora)	200	110	1,8	14	10
CIII. Reservas (radio, cargador de celular, Laptop)	247	110	2,5	14	10
CIV. Iluminación (Cc)	60	12	5	10	10

Fuente: Autor

f.1.13 Diagrama Unifilar de la Vivienda Tipo

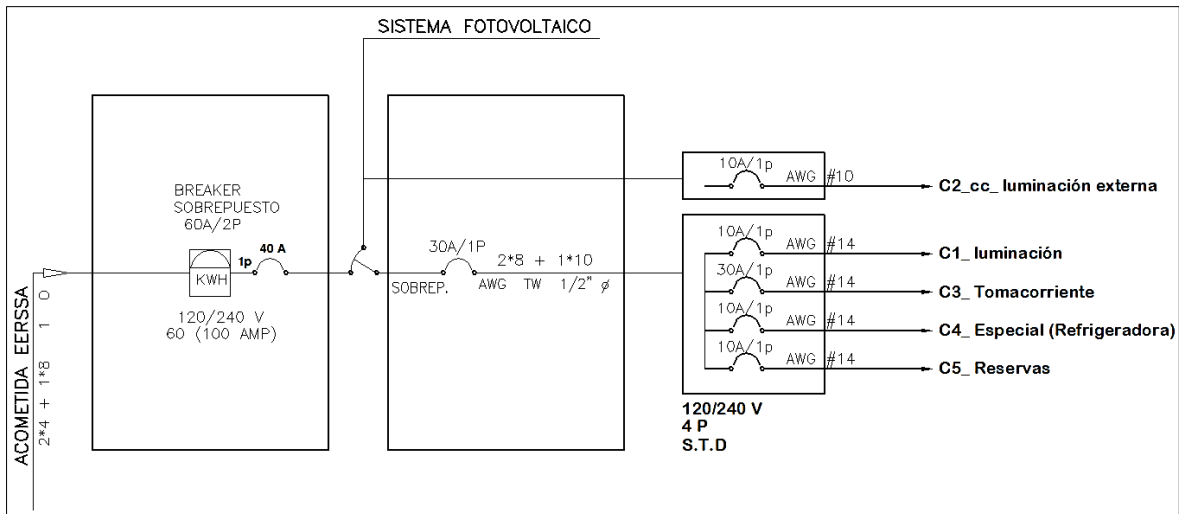


Fig.18. Diagrama Unifilar de la Vivienda Tipo.

Fuente: Autor



f.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

El presupuesto para el diseño, selección e instalación del sistema fotovoltaico se considera como una inversión inicial alta y se detallaran a continuación todas las características técnicas, consideraciones duración y precios necesarios para el funcionamiento del sistema fotovoltaico.


f.2.1 Especificaciones Técnicas de los Equipos Seleccionados

Los equipos a utilizarse están calculados con 3 días de almacenamiento en las baterías, los cuales son de última generación, costo elevado y serán suministrados por la empresa Ingeniería Verde ubicada en la ciudad de Loja:

f.2.1.1 Panel Solar

Tabla 12. Especificaciones técnicas del panel solar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Marca y Serie de Módulo	GMA 60-P
Potencia nominal ($P_{max} \pm 5\%$)	250 W _p
Corriente nominal (I_{mp})	8,20 A
Voltaje nominal (V_{mp})	30,5 V
Corriente de cortocircuito (I_{sc})	8,87 A
Voltaje de circuito abierto (V_{oc})	37,6 V
Eficiencia (%)	15,1
Dimensiones (mm)	1.652 x 1.000 x 35
Duración	25 Años



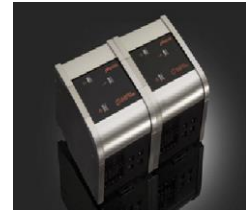
Fuente: Autor



f.2.1.2 Regulador

Tabla 13. Especificaciones técnicas del regulador solar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Voltaje de batería nominal	12/24/48 VCC
Corriente máxima de salida	45 A
Potencia máxima	2.500 W
Temperatura de funcionamiento	-40 a +50°C
Consumo propio	< 10 mA
Peso	1,007 g
Dimensiones (mm)	108 x 150 x 112
Tipo de protección	IP22
Duración	15 Años



Fuente: Autor

f.2.1.3 Acumulador (Batería)

Tabla 14. Especificaciones técnicas del acumulador solar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo	Ritar RA 12/150
Tensión Nominal	12
Capacidad (Ah)	150
Profundidad de descarga	60%
Medidas (mm)	483(L) × 170(A) × 240(H)
Peso (Kg)	44,5
Temperatura de funcionamiento	25°C
Duración	5 Años



Fuente: Autor

f.2.1.4 Inversor

Tabla 15. Especificaciones técnicas del inversor solar

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Marca	Phoenix
Tipo de Onda	Onda Sinusoidal Modificada
Potencia nominal	1.200 W
Pico de potencia	2.400 W
Voltaje de entrada DC	18,4 a 34 V
Voltaje de salida AC	110 o 230V
Frecuencia de salida	50 o 60 Hz +/- 0,1%
Temperatura de funcionamiento	-40 a +50°C
Medida (mm)	108 x 165 x 305
Eficiencia (%)	94
Duración	15 Años



Fuente: Autor

f.2.2 Costos Directos

a) Materiales y Equipos

Tabla 16. Costos directos del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Panel solar GMA Solar GMA250P Polycrystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	4	528,00	2.112,00
2	Batería Ritar Power DC12-150, 12Vdc 150Ah, (150Ah-10horas)	6	396,00	2.376,00
3	Regulador MPS 45 Interruptor de Alimentación Modular	1	438,31	438,31
4	Inversor Victron Energy Phoenix Inverter 24/1200-120V NEMA 5-15R PIN241220500	1	937,20	937,20
5	Soportes de Aluminio regulables para paneles solares (para 4 paneles)	1	90,00	90,00
6	Caja metálica	1	80,00	80,00
7	Rollo de cable AWG #8 (solido)	1	105,60	105,60
8	Rollo de cable AWG #6 (solido)	1	202,40	202,40



9	Rollo de cable AWG #12 (solido)	1	33,44	33,44	
10	Rollo de cable AWG #14 (solido)	1	24,64	24,64	
11	Breaker 10 A de un polo	4	3,70	14,80	
12	Tablero de distribución 8	1	17,60	17,60	
				SUBTOTAL	6.431,99
				IVA 12%	771,84
				TOTAL	7.203,83

Fuente: Autor

f.2.3 Costos Indirectos

En los costos indirectos se consideran algunos valores referenciales, los cuales fueron tomados de la Revista Técnica de la Cámara de la Construcción de Loja del mes de noviembre del 2013, como se detallan a continuación:

b) Mano de obra calificada

Tabla 17. Costos directos del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	Ingeniero	1	900,00	900,00	
2	Diseño ingenieril	1	600,00	600,00	
				TOTAL	1.500,00

Fuente: Autor

c) Transporte

Tabla 18. Costos directos del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	Transporte Materiales	1	20,00	20,00	
2	Movilización al sitio	1	40,00	40,00	
				TOTAL	60,00

Fuente: Autor



d) Mano de obra no calificada

Tabla 19. Costos directos del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCIÓN	SEMANA	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Albañil	1	50,00	50,00
2	Ayudante	1	20,00	20,00
			TOTAL	70,00

Fuente: Autor

f.2.4 Costo Total

Una vez calculado el costo directo e indirecto se procederá a sacar el costo total del proyecto sumando los mismos en la siguiente tabla:

Tabla 20. Costo total del sistema fotovoltaico

ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Materiales directos	7.203,83
2	Transporte	60,00
3	Mano de Obra Calificada	1.500,00
4	Mano de Obra no Calificada	70,00
COSTO TOTAL		8.833,83

Fuente: Autor

f.2.5 Análisis de Rentabilidad

La energía eléctrica por kWh en Ecuador está en un promedio de 0,13 centavos de dólar, con lo que da aparentemente a creer que el ahorro económico no será elevado, pero en realidad la energía que se consume es subsidiada. El estado ecuatoriano asume una pequeña parte del costo total de ese kWh producido.

No obstante, en la práctica no es lo mismo producir electricidad por generación tradicional (Hidráulica, Importaciones y Térmica), que producirla por fuentes de energía renovables (Solar, Geotérmica y Biomasa). La renovable es amigable con el medioambiente y produce el menor impacto ambiental al entorno. El Gobierno ecuatoriano emitió una regulación (Conelec-004/11), la cual trata de compensar los elevados precios en la adquisición de estos modernos equipos de generación eléctrica, pagando un valor de 40,03 centavos de dólar por kWh generado por energía solar fotovoltaica en el territorio ecuatoriano.



f.2.5.1 Tiempo de Recuperación

Para el análisis se consideraran solo los costos por generación eléctrica con el sistema solar fotovoltaico, los mismos pueden afectar significativamente la tasa y tiempo de retorno de la inversión.

El costo por adquisición del sistema fotovoltaico será de \$ 8.833,83 dólares.

Primero se determina el ahorro económico anual que se alcanza con el costo real del kWh, que se consume normalmente en la planilla de electricidad que es de 0,13 centavos de dólar, además las pérdidas en el panel para 25 años serán 80% según el fabricante y sabiendo por el Anexo 1, que el promedio de energía anual es 414,9 kWh/m² lo que equivale a 3.842 Wh/m²/día, tenemos:

$$\mathbf{Generación_{energía}} = HPS * Wp(\text{panel}) * \text{Perdidas en el panel}$$

$$\mathbf{Generación_{energía}} = \left(\frac{3.842 \frac{Wh}{m^2}}{1.000 \frac{W}{m^2}} \right) * (250Wp) * (0,8)$$

$$\mathbf{Generación_{energía}} = (4 HSP) * (250Wp) * (0,8)$$

$$\mathbf{Generación_{energía}} = 800 Wh/día$$

Por lo tanto un panel nos proporcionara 800 Wh/día, ahora se lo pasará a generación de energía en el año.

$$800 \frac{Wh}{día} * \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} * \frac{1kWh}{1.000 Wh} = \mathbf{292 \frac{kWh}{año}}$$

Para la producción anual se lo multiplica por el número de paneles de nuestro sistema fotovoltaico:

$$\mathbf{Producción_{total}} = \mathbf{Generación_{energía}} * \mathbf{Nro. de paneles}$$

$$\mathbf{Producción_{total}} = \left(292 \frac{kWh}{año} \right) * (4 \text{ paneles})$$



$$\mathbf{Producción}_{total} = 1.168 \frac{kWh}{año}$$

Por tanto 1.168, será la energía que el sistema producirá durante un año. El panel solar según el fabricante tiene una vida útil de 25 años, ya que el panel será el único equipo que más tiempo durará con respecto a los otros elementos, será este tiempo en el que se evalúa la factibilidad:

$$\mathbf{Producción\ total}_{25\ años} = 1.168 \frac{kWh}{año} * 25\ años$$

$$\mathbf{Producción\ total}_{25\ años} = 29.200\ kWh$$

La producción total a 25 años será de 29.200 kWh. A continuación se calculará el costo de la electricidad de acuerdo a la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A (EERSSA) de nuestra ciudad, conociendo que el costo del kWh es de \$ 0,13 centavos de dólar que se refleja en planilla eléctrica.

$$\mathbf{Valor\ de\ planilla} = \mathbf{Producción\ total} * \mathbf{Valor\ de\ kWh}$$

$$\mathbf{Valor\ de\ planilla} = 1.168 \frac{kWh}{año} * (0,13 \frac{USD}{kWh})$$

$$\mathbf{Valor\ de\ planilla} = 151,84 \frac{USD}{año}$$

El total del costo de la energía producida por los paneles como si fuera energía convencional a 25 años será:

$$\mathbf{Valor\ de\ planilla}_{25\ años} = \mathbf{Valor\ de\ planilla} * \mathbf{Vida\ útil\ del\ sistema}$$

$$\mathbf{Valor\ de\ planilla}_{25\ años} = 151,84 \frac{USD}{año} * (25\ años)$$

$$\mathbf{Valor\ de\ planilla}_{25\ años} = 3.796\ USD$$



f.2.5.1.1 Cálculo del Costo Total de la Energía Generada por el Sistema Fotovoltaico

Se tiene que el costo será:

$$\text{Costo generación}_{\text{panel}} = \frac{\text{Costo total del sistema fotovoltaico}}{\text{Producción total}_{25 \text{ años}}}$$

$$\text{Costo generación}_{\text{panel}} = \frac{8.833,83 \text{ USD}}{29.200 \text{ kWh}}$$

$$\text{Costo generación}_{\text{panel}} = 0,30 \text{ USD/kWh}$$

El costo por generación panel será de 0,30 USD/kWh por lo tanto este cumple con el rango establecido por la regulación (Conelec-004/11) para el territorio ecuatoriano ya que compensa la generación de energía fotovoltaica de 40,03 centavos de dólar, con lo que a este costo la inversión se recuperaría en:

$$\text{Recuperación inversión} = \text{Producción total} * \text{Costo comp. Conelec}$$

$$\text{Recuperación inversión} = 1.168 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} * 0,40 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Recuperación inversión} = 467,55 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

f.2.6 Flujo de caja

Tabla 21. Movimiento de Flujo y Capital.

MOVIMIENTOS DE FLUJO DE CAJA POR GENERACIÓN Y VENTA DE ENERGÍA			
Año	Ingreso Anual	Egresos	Flujo de Caja
0			-8.833,83
1	467,2	0	467,2
2	467,2	0	467,2
3	467,2	0	467,2
4	467,2	0	467,2
5	467,2	0	467,2
6	467,2	2.376	-1.908,8
7	467,2	0	467,2
8	467,2	0	467,2
9	467,2	0	467,2
10	467,2	0	467,2



11	467,2	2.376	-1.908,8
12	467,2	0	467,2
13	467,2	0	467,2
14	467,2	0	467,2
15	467,2	0	467,2
16	467,2	3.751,51	-3.284,3
17	467,2	0	467,2
18	467,2	0	467,2
19	467,2	0	467,2
20	467,2	0	467,2
21	467,2	2.376	-1.908,8
22	467,2	0	467,2
23	467,2	0	467,2
24	467,2	0	467,2
25	467,2	0	925,7

Se considera el cambio de Baterías cada 5 años, Inversor 15 años, Regulador 15 años, con un Arreglo de 4 Paneles de 250Wp

Fuente: Autor.

f.2.7 Relación Beneficio-Costo

Al hacer una relación entre los ingresos y los egresos se obtiene que:

R. Beneficio/Costo	0.35
---------------------------	------

f.2.8 Cálculo del VAN y TIR

Se tomará un TOP¹ (Tasa de Oportunidad de Proyecto) del 12%, el cual corresponde para los proyectos del sector eléctrico, por ser este un caso similar.

Tabla 22. Valores del VAN, TIR y TOP.

TOP	12%
VAN	-\$7,861.22
TIR	0%

Fuente: Autor.

A continuación se plantea dos alternativas en las cuales se demuestra la factibilidad de sistemas fotovoltaicos con una inversión mayor, en ambas se contemplan recambios de los equipos: La alternativa A establece una venta de energía de 7.150kWh/año con un arreglo

¹ Dato EERSSA



de 24 paneles de 250Wp, 2 reguladores, 2 inversores, 12 baterías. Y la alternativa B establece una venta de energía de 9.200kWh/año con un arreglo de 32 paneles de 250Wp

Los flujos de caja, así como el VPN y TIR se muestran en la tabla 23.

Tabla 23. Análisis económico de las Alternativas.

ALTERNATIVA	TOP	Desembolso Inicial		1	2	3	
A	12%	-17.000		2.860	2.860	2.860	
B	12%	-17.000		3.680	3.680	3.680	
4	5	6	7	8	9	10	11
2.860	2.860	-1.892	2.860	2.860	2.860	2.860	-1.892
3.680	3.680	-1.072	3.680	3.680	3.680	3.680	-1.072
12	13	14	15	16	17	18	19
2.860	2.860	2.860	-4.643	2.860	2.860	2.860	2.860
3.680	3.680	3.680	3.680	-3.823	3.680	3.680	3.680
20	21	22	23	24		25	
2.860	-1.892	2.860	2.860	2.860		3.777	
3.680	-1.072	3.680	3.680	3.680		4.597	
ALTERNATIVAS				A		B	
Valor Presente Neto VPN				\$47,97		\$6.479,35	
Tasa Interna de Retorno TIR				12,05%		17,91%	

Fuente: El Autor

f.2.6 Simulación en Software HOMER

Homer mostrará al ingresar, una interface cómo se muestra en la figura 19, en la cual se debe ingresar datos antes calculados de: 1kW de Paneles Solares a 24V, 6 baterías en paralelo (24V - 449Ah), 1 inversor de 1.200W, 2.120 kW/día de Carga en CA que consumirá la casa tipo y 3,1kWh/m²/día de radiación promedio anual.

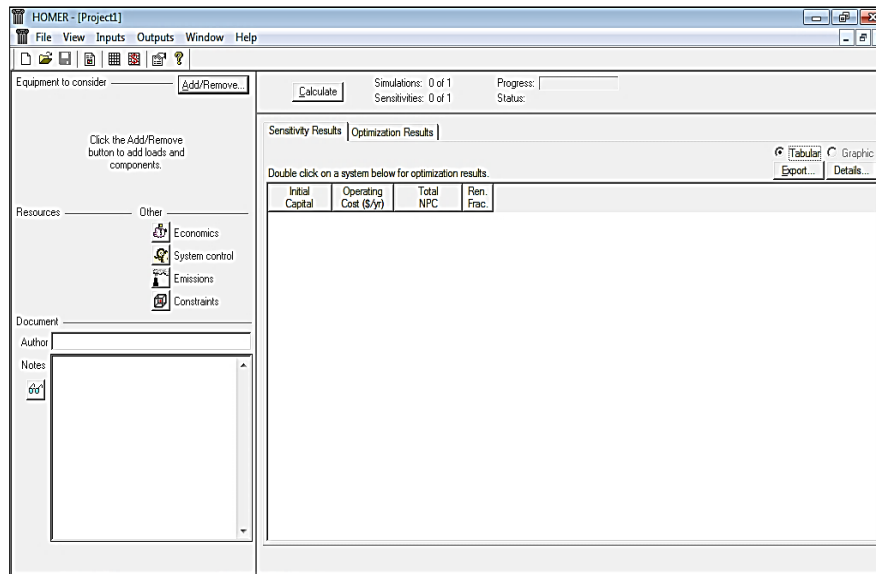


Fig. 19. Interface inicial con Homer

Fuente: Homer

Se ingresa los datos antes indicados en los diferentes elementos que Homer considera que estarán en el sistema fotovoltaico, ya que el mismo solo considerara: Paneles Fotovoltaicos CC, Inversor AC, Baterías CC y Carga a suministrar en AC. Se ingresarán todas las especificaciones técnicas en cada uno de los componentes para una correcta simulación, así como precios y tiempos de vida útil.

Se evaluará para 25 años ya que es el tiempo máximo de duración de los paneles solares que son parte del sistema, se asumirá una máximo de escasez de la capacidad anual de 17% mismo valor que el software lo define en función del recurso solar disponible y la carga a suministrar.

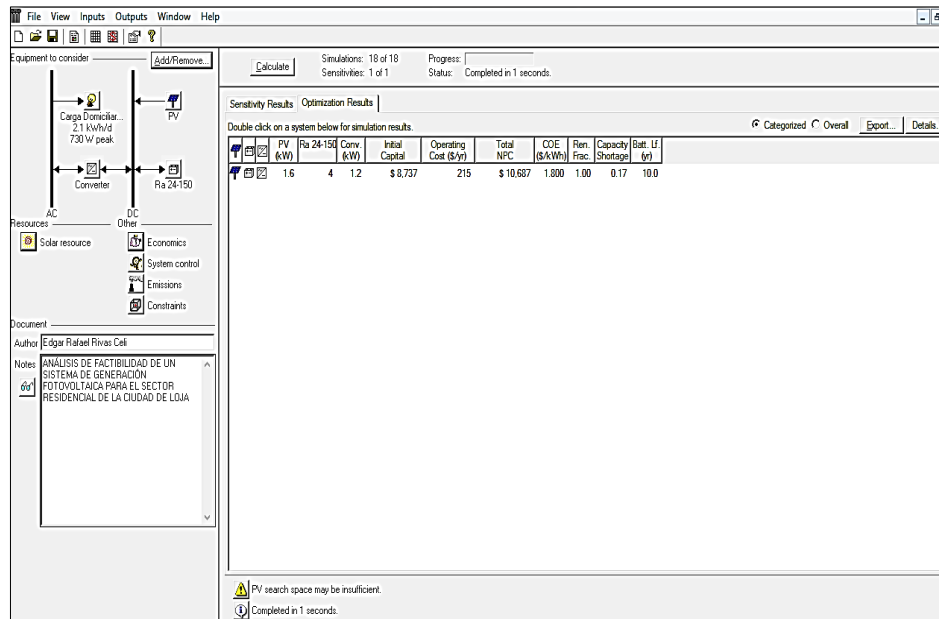


Fig.20. Simulación de Homer

Fuente: Homer.

Al momento de correr el programa, este deduce que con una configuración como se muestra en la figura 20; de 1,6kW (1.600W) de paneles solares, 1 convertor de 1,2kW (1200W), 4 baterías de 24V (8 baterías de 12V), abastecerá con total eficiencia la carga de 2,12kWh/día.

Además de un capital inicial de \$8.737 dólares, con un costo por operación de 215\$/año que asume Homer, y un costo total presente neto de \$10.687 dólares. Cabe indicar que los costos por mantenimiento serán de cero ya que esta actividad la puede realizar el dueño.

Al hacer clic en la solución aparece el análisis de sensibilidad del cual podemos apreciar el parámetro eléctrico, que es el más importante.

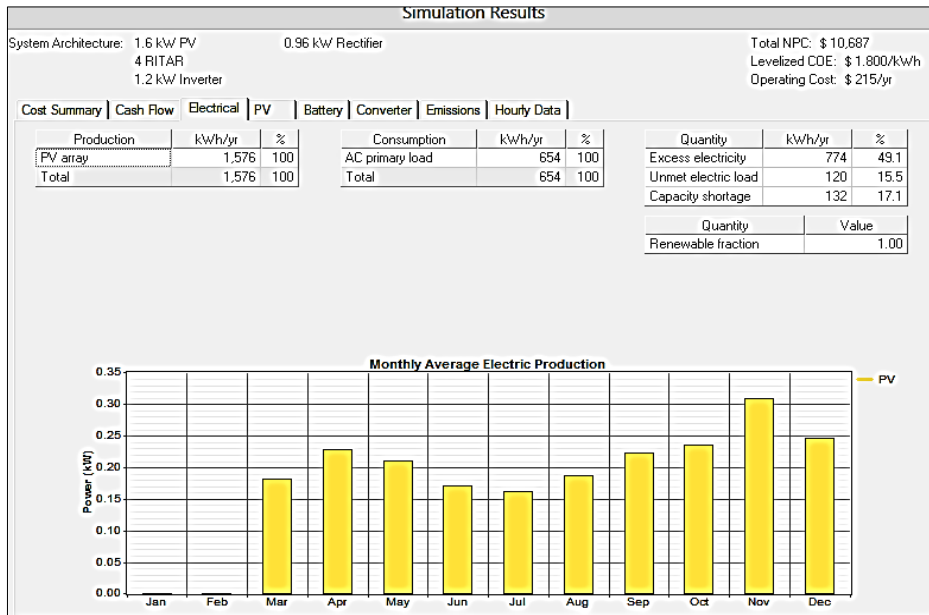


Fig. 21. Interface inicial con Homer

Fuente: Homer

En la figura 21, se obtiene que se tendrá un exceso de electricidad (Excess electricity) de 774 kWh/año equivalente al 49,1%, una carga eléctrica insatisfecha (Unmet electric load) de 120 kWh/año equivalente al 15,5% con una escasez de capacidad (Capacity shortage) de 132 kWh/año equivalente al 17,1%. Así como una producción alta de potencia en el mes de noviembre de 0,30 kW debido al potencial solar en este mes del año.

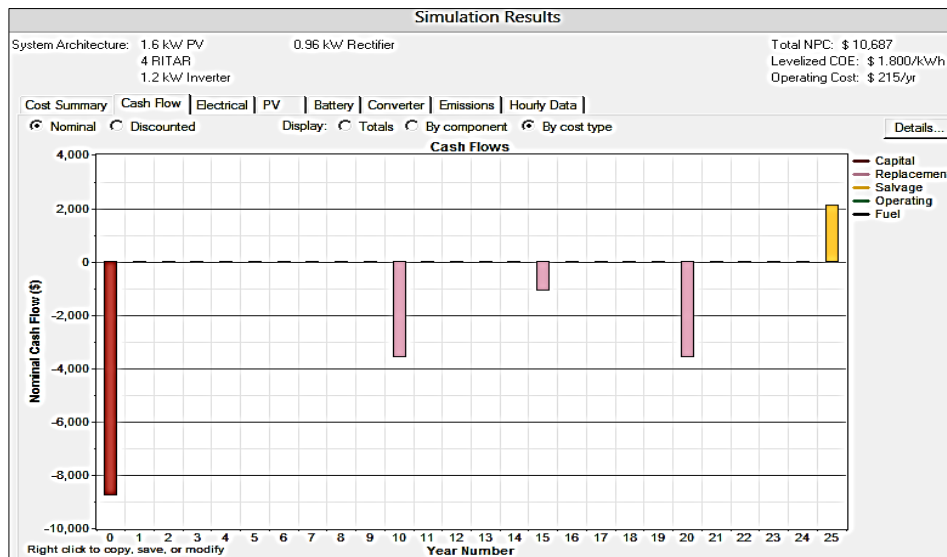


Fig. 22. Análisis de Flujo de Caja en Homer

Fuente: Homer

Además Homer hace un análisis de flujos, ya que se asumirá un interés anual del 10% como suelen trabajar los bancos. Se puede ver en la figura 22, que en el año cero de la



instalación será negativo incluyendo los recambios hasta el año 20, pero a partir del año 25 será positivo, por lo que se tendrá un capital de salvamento de \$ 2.200 USD aproximadamente.

Con los datos obtenidos por el software se hará una comparación del error porcentual entre el obtenido por medio del “método del mes peor” de Bayod tomando como real los valores de Homer.

Tabla 24. Error Porcentual entre Método del mes peor y HOMER

ELEMENTO	MÉTODO DEL MES PEOR	SOFTWARE HOMER	ERROR RELATIVO	PORCENTAJE DE ERROR (%)
Paneles	Arreglo de 1000W (1kW)	Arreglo de 1.600W (1,6kW)	0,375	37,5
Baterías	3 baterías de 24V (6 baterías de 12V-150Ah)	4 Baterías de 24V (8 baterías de 12V-150Ah)	0,25	25
Inversor	1 Inversor de 1.200W (1,2kW)	1 Inversor de 1.200W (1,2kW)	0	0

Fuente: Autor

Se puede observar que existe un porcentaje de error de 37,5% para el caso de los paneles, en las baterías sucede lo mismo ya que es 25%, siendo claro que hay una diferencia considerable de los resultados obtenidos mediante el Método de Bayod con respecto a Homer. Este error se debe a que el método del mes peor, establece que la carga no variara así como el recurso solar; lo que el Software Homer no lo hace, ya que este simula en forma real todos los parámetros en conjunto. En el caso del inversor no hay ningún error ya que este cumple las necesidades de diseño.



g. DISCUSIÓN

El “método del mes peor” utilizado para el diseño del sistema propuesto hace un balance estimado entre la radiación disponible del lugar versus la energía que consumirá el domicilio en el mes más crítico, y no se centra en la fiabilidad, siendo este método el más utilizado en el medio debido al cálculo rápido de todos los componentes que se utilizarán.

El sistema fotovoltaico planteado satisface las necesidades de una casa tipo con una demanda de 2,12 kWh/día, pudiendo sobrevivir por sí mismo durante 3 días en caso de no haber radiación solar, ya que cuenta con un banco de acumulación de 448,46Ah, conformado por 6 baterías (12V-150Ah) dispuestas en serie y paralelo para obtener un voltaje de trabajo de 24V logrando obtener intensidades más pequeñas. Siendo una alternativa idónea en caso de sufrir un apagón repentino de la red eléctrica.

Una vez aplicada la ecuación de cálculo para obtener la inclinación de los paneles solares, este arrojó que debe ser 7 grados; según Santana 2013, recomienda trabajar con el inmediato superior de 15 grados por cuanto el fabricante sugiere esta inclinación para cubrir la garantía de los paneles, y para facilidad de mantenimiento.

El SFV y los elementos que lo conforman, se diseñaron para solventar cargas puntuales como: refrigeradora, luminarias en CC y CA, radio, cargadores de celular y laptop. En caso de incluir más cargas, en el mismo variarían los precios y los equipos, ya que habrá mayor energía que suministrar y por ende se necesitarían más paneles.

El mes más crítico en el SFV será el mes de Julio con una radiación de 2,97 kWh/m²/día demandando una potencia promedio de captación de 714Wp para solventar la demanda de la vivienda, con un promedio anual de radiación de 3.842 Wh/m² dando aproximadamente 4 horas sol promedio para la ciudad de Loja de acuerdo a los datos obtenidos desde el mes de Marzo hasta Diciembre del 2013 por la estación meteorológica “La Argelia”. Los datos pueden variar con los del Atlas Solar publicado en 2008 por el Conelec ya que las HPS aumentan o disminuyen para cada año debido al calentamiento global.



La demanda de energía de la casa es de 2.120 Wh/día lo que equivale a 0,53 kWh y la que brindan los paneles es de 800 Wh/día, al ser cuatro paneles esto nos dará 3.200 Wh/día, siendo 0,8 kWh. La diferencia será de 66% estando nuestro sistema sobredimensionado un 34% por seguridad.

Se contempla la opción de conectarse en paralelo a la red eléctrica con un medidor Bidireccional (que registra consumo de energía cuando se consume o cuando se cede a la red convencional), debido a que se generará un excedente de energía, logrando así inyectar el mismo a la red de la empresa eléctrica. Pudiendo obtener rédito económico del mismo.

El sistema no será viable económicamente con una venta de energía menor a 4.000kWh, a partir de este valor será factible, ya que se obtendrá un VAN positivo y un TIR del 14% obteniéndose ingresos anuales de \$3.000 dólares aproximadamente. Sin embargo si se lo hace de forma real con los valores que cobra la EERSSA por dar servicio eléctrico a una vivienda en el sector rural, no fuera viable desde ningún punto de vista.

Los valores que se logró producto de la simulación en el software HOMER difieren de los obtenidos por el método analítico. En la presente investigación se utilizó como método analítico el del peor mes, de autoría de Ángel Bayod.

Las diferencias en los resultados obedecen básicamente a los coeficientes de seguridad que se manejan en los dos métodos, en este sentido uno puede ser más conservador que otro o a su vez menos restrictivo de la demanda que se abastecerá.

Homer además utiliza un modelo horario, es decir modela los componentes del sistema, los recursos de energía disponibles, en este caso recurso solar, y las cargas sobre una base horaria. Los flujos de energía y los costos son constantes sobre una hora dada.



h. CONCLUSIONES

- El sistema no es factible económicamente para el sector residencial de la ciudad de Loja, ya que el costo con energía convencional es de 0,13 USD/kWh y el producido por los paneles es de 0,40 USD/kWh, no es posible recuperar la inversión durante un periodo de 25 años de duración del proyecto.
- La vivienda tipo tendrá una demanda de 2,12 kWh/día para el sector rural de la ciudad de Loja, siendo esta variable según el número de aparatos eléctricos a utilizarse.
- La cantidad de energía necesaria para el autoabastecimiento de energía eléctrica de la casa tipo requiere de 4 paneles fotovoltaicos de 250Wp-24V, 1 regulador de 45A, 6 baterías de 24V-150Ah dispuestas en serie-paralelo y 1 inversor de 1,2kW, para una demanda energética de 2,12kWh/día.
- El método del mes peor de Ángel Bayod propone un arreglo de 1kW (4 paneles de 250Wp), mientras que Homer propone un arreglo de 1,6kW (7 paneles de 250Wp) presentándose un 37,5% de error; por otra parte, Bayod en el sistema de acumulación plantea 6 baterías (24V, 150Ah en serie-paralelo) frente a Homer que sugiere un sistema de acumulación de 8 baterías (24V, 150Ah en serie-paralelo) existiendo un 25% de error tomando como dato confiable los resultados emitidos por el software.
- Respecto al análisis económico sobre el uso e implementación de energía solar para la vivienda tipo, se pudo determinar que en el período de vida útil de 25 años, y con la regulación 004/11 emitida por el Conelec, no permite recuperar la inversión en el tiempo estimado ya que se tiene un VAN de – \$7.861,22 y un TIR de 0%.
- Mediante los datos meteorológicos obtenidos de los registros históricos de la estación meteorológica La Argelia (Loja-Ecuador) se pudo deducir que el potencial solar aproximado es de 3.842 Wh/m^2 y con 4 HSP para la implementación de sistemas fotovoltaicos.



- Los fabricantes de este tipo de sistemas sugieren una limpieza mensual o en su defecto cuando el panel este sucio, significando que el mantenimiento será muy básico, y por ende los gastos son mínimos.
- A mayor cantidad de energía captada, mayores serán las ganancias por la venta de energía, por tanto la inversión se recuperara en un periodo menor, en la presente investigación se pudo estimar que son necesarios 7.150kWh/año para recuperar la inversión en un tiempo menor a los 25 años, frente a los 1.168 kWh/año que se propuso para esta vivienda tipo.



i. RECOMENDACIONES

- El equipo que contiene tanto el regulador como las baterías de almacenamiento no se coloquen en los interiores de habitaciones, debido a que dichas baterías emiten gases y evitar posibles accidentes en la manipulación de estos equipos. Así como la limpieza periódica de basuras o polvo de los paneles para lograr la máxima captación de sol del sistema.
- Se recomienda la utilización de Homer en los estudios de sistemas fotovoltaicos, ya que es una herramienta muy útil a la hora de tomar decisiones por la fiabilidad que ofrece el mismo con respecto a los métodos teóricos.
- El Gobierno Nacional del Ecuador a través del CONELEC, debe impulsar este tipo de microgeneraciones, ya con mayores incentivos, estos pueden ser una opción de trabajo para los usuarios y contribuir al cambio de la matriz energética de nuestro país.
- Se sugiere pedir una autorización al CONELEC para el funcionamiento de este tipo de sistemas fotovoltaicos, ya que en la actualidad los mismos no cuentan con permisos por parte de la entidad, funcionando de manera cotidiana por cuenta de los dueños de los domicilios.
- Emitir mayor número de normas como la regulación 004/11 del CONELEC, ya que éstas ayudan a salvar las inversiones hechas en estos nuevos sistemas de generación alternativa.
- Implementar más bases meteorológicas con el fin de establecer un registro de la ciudad de Loja en materia de radiación solar, para así tener datos más precisos acerca del potencial solar de nuestra ciudad y provincia para el uso de estos sistemas.



j. BIBLIOGRAFÍA

j.1 Libros

- **Bayod Rújula, Angel Antonio. 2009. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.** Zaragoza : Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009. ISBN 978-84-92521-94-4.
- **Enríquez, Gilberto. 2003. PROTECCIÓN DE INSTALACIONES INDUSTRIALES Y COMERCIALES.** México: LIMUSA, S.A de C.V, 2003. 968-18-6152-3.
- **Pareja, Miguel. 2009. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.** Barcelona : S.A. MARCOMBO, 2009. ISBN 9788426716187.

j.2 Tesis Electrónicas

- **Calvo, Farley. 2009. ANÁLISIS DE VIABILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA USANDO ENERGÍA SOLAR PARA USO RESIDENCIAL.** Medellín, 2009.
- **Flores, Xavier. 2007. INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y TELEFÓNICAS EN EDIFICIOS.** Quito, 2007.
- **López, Edison y Garzón, Juan. 2013. ESTUDIO Y PLAN DE FACTIBILIDAD PARA ENTREGAR EXCEDENTES DE ENERGÍA RENOVABLE FOTOVOLTAICA DE BAJA TENSIÓN A UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA.** Quito, 2013.
- **Núñez Ortiz, Fernanda Maribel. 2013. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE 1MW CON CONEXIÓN A LA RED DE M.T EN LA ESPOCH.** Riobamba, 2013.
- **Quinche, Jorge y Soto, Fabián. 2012. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA VIVIENDA SOSTENIBLE DE INTERÉS SOCIAL DEL AEIRNNR.** Loja, 2012.
- **Santana, Andrea. 2013. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA EL ÁREA RESIDENCIAL EN EL ECUADOR EN ÉPOCAS DE ESTIAJE.** Quito, 2013.



- **Valero, Domingo. 2005. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO FINANCIERO PARA LA INSTALACIÓN DE UNA FÁBRICA DE BOLSAS PLÁSTICAS.** Carácas, 2005.

j.3 Libros en pdf

- **Carrión González, Jorge Enrique. 2013. APUNTES DE CLASES.** Loja, 2013.
- **Conelec. 2008. ATLAS SOLAR DEL ECUADOR CON FINES DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.** Quito, 2008.
- **Conelec. 2011. REGULACIÓN 004/11.** Quito, 2011.
- **Electrocables C.A CATÁLOGO DISENSA.** Quito, 2015.
- **General Electric CATÁLOGO PRODUCTOS.**2013
- **Mattio, Héctor. 2013. GUÍA BÁSICA INICIAL.** Cuba, 2013.

j.4 Revistas

- *Revista Técnica. Cámara, Construcción.* **2012.** N-37, Loja, 2012.



k. ANEXOS

ANEXO I. Valores de radiación solar global anual del 2013.

AÑO/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	UNIDADES
2013	-	-	413,6	436,8	431,9	338,1	331,7	373,7	414,6	437,9	532,6	438,2	$\frac{MJ}{m^2} \cdot mes$
	-	-	3,7	4,04	3,87	3,13	2,97	3,35	3,84	3,92	4,93	3,93	kWh/m ² /día

Fuente: Estación Meteorológica “La Argelia” correspondientes al 2013.



“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”

ANEXO II. Listado de equipos y Precios proporcionados por la Empresa “Ingeniería Verde”.

NI	Item	Code	Description	Voltage	Power	PRICE PVP
1	Paneles	MD040	Phocos 5W, Vmpp18V, polycrystalline Si, Gla/Eva/al-Frame, 5m cable + DC Conector PL	12 V	5 W	19,80
2	Paneles	MD043	GMA Solar GMA10P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	12 V	10 W	48,38
3	Paneles	MD016	Zytech ZT 30S	12 V	30 W	74,25
4	Paneles	MD022	Zytech ZT 55S	12 V	55 W	181,50
5	Paneles	MD036	Victron Energy Solar Panel 50W-12V PolyCrystalline	12 V	50 W	161,70
6	Paneles	MD047	GMA Solar GMA50P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	12 V	50 W	165,00
7	Paneles	MD030	Tynsolar TYN 85S5	12 V	85 W	189,75
8	Paneles	MD044	GMA Solar GMA85P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	12 V	85 W	189,75
9	Paneles	MD042	Victron Energy Solar Panel 100W-12V PolyCrystalline SPP011001210	12 V	100 W	340,23
10	Paneles	MD029	Tynsolar TYN 135P6	12 V	135 W	308,55
11	Paneles	MD045	SUNSET Energietechnik GmbH, SUNSET PX 1456 145Wp 12V, poly (manufactured in Adelsdorf-Germany)	12 V	145 W	328,93
12	Paneles	MD017	Zytech ZT 170S	24 V	170 W	402,60
13	Paneles	MD025	Zytech ZT 250S	24 V	250 W	528,00
14	Paneles	MD041	GMA Solar GMA 72-M 190W-72 Mono-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	24 V	190 W	407,55
15	Paneles	MD014	Topco-170S5 170W+-5% Monocristalino	24 V	170 W	593,27
16	Paneles	MD031	Topco TYN 250P6	24 V	250 W	561,00
17	Paneles	MD035	Sanyo MP6-230E01	24 V	230 W	511,50
18	Paneles	MD037	Panasonic HIT N235 VBHN235SE10	24V	235 W	775,50
19	Paneles	MD038	Panasonic HIT N240 VBHN240SE10	24V	240 W	792,00
20	Paneles	MD039	Panasonic STD 245W VBMS245AE02 24Vdc Poli.	24V	245 W	594,00
21	Paneles	MD046	GMA Solar GMA250P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canada)	24 V	250 W	528,00
22	Paneles	MD048	Victron Energy Solar Panel 280W-24V MonoCrystalline SPM012802400	24 V	280 W	982,03
23	Reguladores Dome.	RD001	Phocos CML 12/24V 5/5 A CML05-2.1	12 / 24 V	5 A	34,02
24	Reguladores Dome.	RD002	Phocos CML 12/24V 10/10 A CML10-2.1	12 / 24 V	10 A	50,52
25	Reguladores Dome.	RD003	Phocos CML 12/24V 15/15 A CML15-2.1	12 / 24 V	15 A	67,25
26	Reguladores Dome.	RD004	Phocos CML 12/24V 20/20 A CML20-2.1	12 / 24 V	20 A	76,10
27	Reguladores Dome.	RD005	Phocos CML 12/24V 5/5 A F. Nocturna CML05-2.1-NL	12 / 24 V	5 A	44,90
28	Reguladores Dome.	RD006	Phocos CML 12/24V 10/10 A F. Nocturna CML10-2.1-NL	12 / 24 V	10 A	64,00
29	Reguladores Dome.	RD021	Phocos Multi-meter for CA, CML, CML-NL, ROHS	0	0	50,92
30	Reguladores Dome.	RD007	Phocos CX 12/24V 10/10A	12 / 24 V	10 A	74,25
31	Reguladores Dome.	RD008	Phocos CX 12/24V 20/20A	12 / 24 V	20 A	107,25
32	Reguladores Dome.	RD009	Phocos CX 12/24V 40/40A	12 / 24 V	40 A	172,77
33	Reguladores Dome.	RD010	Phocos CX 12/24V 10/10A, aterramiento negativo	12 / 24 V	10 A	101,20



“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”

N!	Item	Code	Description	Tension	Power	PRICE PVP
34	Reguladores Dome.	RD011	Phocos CX 12/24V 20/20A, aterramiento negativo	12 / 24 V	20 A	131,95
35	Reguladores Dome.	RD028	Phocos CX 12/24V 40/40A, aterramiento negativo	12 / 24 V	40 A	141,24
36	Reguladores Dome.	RD023	Phocos CX 24/48V 20/20A, aterramiento positivo	24 / 48V	20A	141,30
37	Reguladores Dome.	RD024	Phocos CX 24/48V 40/40A, aterramiento positivo	25 / 48V	40A	277,20
38	Reguladores Dome.	RD013	Phocos Sensor de temperatura externa para CXN	0	0	31,12
39	Reguladores Dome.	RD014	Phocos Display Remoto para CXN	0	0	71,89
40	Reguladores Dome.	RD015	Phocos Interface USB para CX	0	0	85,80
41	Reguladores Dome.	RD016	Phocos CX DIN Rail Holder CX-DR2.1	0	0	5,07
42	Reguladores Dome.	RD022	Zytech Hybrid Controler ZAH10A-24 (1000W Input Wind Generator; 300 W Input PV Panel)	24V	0	1.627,14
43	Reguladores Dome.	RD025	Prepayment Systems for Phocos CXN including one PreP-Key, front panel assembly. PreP-1.x-CXN	0	0	99,86
44	Reguladores Dome.	RD026	Prepayment unit for PC communication by PreP-Com or stand alone for experienced user (including unique Project ID), front panel assembly (require Phocos CXI/MXI). PreP-1.2-Cash Service	0	0	290,60
45	Reguladores Dome.	RD027	Replacement Key. PreP-Key	0	0	16,01
46	Reguladores Prof.	RP036	Victron Energy Blue Solar MPPT 70/15 (12/24V-15A) SCC010015000	MPPT 70V PV / 12 / 24Vdc Bat	15A	211,97
47	Reguladores Prof.	RP035	Victron Energy BlueSolar MPPT 150/70 (12/24/36/48V-70A) SCC010070000	MPPT 150V PV /12/24/36/48Vdc	70A	1.603,80
48	Reguladores Prof.	RP005	Phocos MPPT 100/30 Tracker de punto de maxima potencia	100V	30A	666,38
49	Reguladores Prof.	RP034	Studer Innotec MPPT solar charge controller VarioTrack VT-65	75Vdc/145vdc	65A	1.320,00
50	Reguladores Prof.	RP037	Studer Innotec MPPT solar charge controller VarioTrack VT-80	75Vdc/145vdc	80A	1.567,50
51	Reguladores Prof.	RP038	Studer Innotec Xcom-LAN (incluye un Xcom 232i)	0	0	473,55
52	Reguladores Prof.	RP001	Phocos PL 20/20A	12 / 24 / 48 V	20 A	708,28
53	Reguladores Prof.	RP002	Phocos PL 40/40A	12 / 24 / 48 V	40 A	726,00
54	Reguladores Prof.	RP003	Phocos PL 60/60A	12 / 24 / 48 V	60 A	1.230,88
55	Reguladores Prof.	RP004	PL RS232 Interface	0	0	348,53
56	Reguladores Prof.	RP018	PLA Controlador multi PL	0	3 PL	958,69
57	Reguladores Prof.	RP019	PL cable sellado WY para PL20/40, 3m	0	3 m	126,33
58	Reguladores Prof.	RP020	PL cable sellado WZ para PL60, 3m	0	3 m	126,33
59	Reguladores Prof.	RP006	MCU Unidad Central Modular	12/24/48V	0	198,00
60	Reguladores Prof.	RP007	MPS 45 Interruptor de Alimentación Modular	12/24/48V	45A	438,21
61	Reguladores Prof.	RP008	MPS 80 Interruptor de Alimentación Modular	12/24/48V	80A	412,50
62	Reguladores Prof.	RP009	MRD Display remoto para MCU	0	0	95,08
63	Reguladores Prof.	RP010	MTS Sensor de temperatura externa para MCU	0	0	125,67
64	Reguladores Prof.	RP032	MCS-3.0 Sensor de Corriente Modular	0	0	236,42
65	Reguladores Prof.	RP031	MXI232 Interfase para Sistema Modular	0	0	115,50



“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”

NI	Item	Code	Description	Tension	Power	PRICE PVP
66	Reguladores Prof.	RP033	MXI Interface para Sistema Modular USB, para MCU, CX, CXN	0	0	115,50
67	Reguladores Prof.	RP011	Phocos CIS 12/24V 5/5A, IP68, temporizador	12/24V	5A	74,66
68	Reguladores Prof.	RP012	Phocos CIS 12/24V 10/10A, IP68, temporizador	12/24V	10A	82,50
69	Reguladores Prof.	RP013	Phocos CIS 12/24V 20/20A, IP68, temporizador	12/24V	20A	115,50
70	Reguladores Prof.	RP014	Phocos CIS 12/24V 5/5/5A, carga dual, IP68, temporizador	12/24V	5A	85,39
71	Reguladores Prof.	RP015	Phocos CIS 12/24V 10/10/10A, carga dual, IP68, temporizador	12/24V	10A	120,52
72	Reguladores Prof.	RP016	Phocos CIS 12/24V 20/20/20A, carga dual, IP68, temporizador	12/24V	20A	174,03
73	Reguladores Prof.	RP017	Phocos CIS - CU - Configuration Unit for CIS	0	0	95,70
74	Reguladores Prof.	RP021	SPS Regulador de carga 12V 100A	12V	100A	4.788,02
75	Reguladores Prof.	RP022	SPS Regulador de carga 12V 200A	12V	200A	5.721,72
76	Reguladores Prof.	RP023	SPS Regulador de carga 12V 300A	12V	300A	10.167,89
77	Reguladores Prof.	RP024	SPS Regulador de carga 24V 100A	24V	100A	4.788,02
78	Reguladores Prof.	RP025	SPS Regulador de carga 24V 200A	24V	200A	5.721,72
79	Reguladores Prof.	RP026	SPS Regulador de carga 24V 300A	24V	300A	10.167,89
80	Reguladores Prof.	RP027	SPS Regulador de carga 48V 100A	48V	100A	4.788,02
81	Reguladores Prof.	RP028	SPS Regulador de carga 48V 200A	48V	200A	5.721,72
82	Reguladores Prof.	RP029	SPS Regulador de carga 48V 300A, aterramiento positivo	48V	300A	10.167,89
83	Reguladores Prof.	RP030	Steca POWER TAROM 4055, 48Vdc 55Amp IP65	48V	55A	2.129,31
84	Inversores	IN044	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 350W, 12 Vdc, 110Vac ROHS, CE	12V	350W	265,83
85	Inversores	IN045	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 350W, 24 Vdc, 110Vac ROHS, CE	24V	350W	265,83
86	Inversores	IN046	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 700W, 12 Vdc, 110Vac ROHS, CE	12V	700 W	580,95
87	Inversores	IN047	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 700W, 24 Vdc, 110Vac ROHS, CE	24V	700 W	585,75
88	Inversores	IN043	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 700W, 48 Vdc, 110Vac ROHS, CE	48V	700 W	580,95
89	Inversores	IN061	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 1500W, 24 Vdc, 110Vac ROHS, CE	24V	700 W	1.069,20
90	Inversores	IN062	Phocos Pure Sine Solar Inverter, 1500W, 48 Vdc, 110Vac ROHS, CE	48V	700 W	1.069,20
91	Inversores	IN013	Studer AJ 275-12 (115/60)	12V	275 W	714,19
92	Inversores	IN014	Studer AJ 350-24 (115/60)	24V	350 W	791,86
93	Inversores	IN015	Studer AJ 400-48 (115/60)	48V	400 W	869,54
94	Inversores	IN005	Studer AJ 500-12 (115/60)	12V	500 W	1.385,04
95	Inversores	IN016	Studer AJ 600-24 (115/60)	24V	600 W	1.385,04
96	Inversores	IN017	Studer AJ 700-48 (115/60)	48V	700 W	1.059,30
97	Inversores	IN018	Studer AJ 1000-12 (115/60)	12V	1000 W	2.330,34
98	Inversores	IN019	Studer AJ 1300-24 (115/60)	24V	1300 W	2.330,34
99	Inversores	IN020	Studer AJ 2100-12 (115/60)	12V	2100 W	4.695,89
100	Inversores	IN021	Studer AJ 2400-24 (115/60)	24V	2400 W	3.874,95
101	Inversores	IN031	Studer XTS 1400-48-01 Inverter/charger Xtender 1000VA/750VA/48V/110V	48V	1400 W	3.299,38
102	Inversores	IN060	Studer Gama Extener XTM 4000-48 Inverter/charger 3500VA/50A/10.5K	48V	4000W	6.539,14
103	Inversores	IN032	Studer ARM-02 Auxiliary relay module for inverter XTS (2 programmable relays)	0	0	117,01



“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”

NI	Item	Code	Description	Tension	Power	PRICE PVP
104	Inversores	IN033	Studer TCM-01 Communication and real time clock module for inverter/charger XTS	0	0	232,91
105	Inversores	IN025	Victron Energy Phoenix 12/180 NEMA 5-15R socket PIN012181110	12V	180 W	214,50
106	Inversores	IN026	Victron Energy Phoenix 12/350 NEMA 5-15R socket PIN012351110	12V	350 W	300,32
107	Inversores	IN027	Victron Energy Phoenix 12/750 NEMA 5-15R socket PIN012751110	12V	750 W	672,21
108	Inversores	IN053	Victron Energy Phoenix Inverter 12/800-120V NEMA 5-15R PIN128010500	12V	800 W	607,20
109	Inversores	IN050	Victron Energy Phoenix Inverter 12/1200-120V NEMA 5-15R PIN121220500	12V	1200 W	933,90
110	Inversores	IN028	Victron Energy Phoenix 24/180 NEMA 5-15R socket PIN024181110	24V	180 W	233,46
111	Inversores	IN029	Victron Energy Phoenix 24/350 NEMA 5-15R socket PIN024351110	24V	350 W	429,00
112	Inversores	IN022	Victron Energy Phoenix 24/750 NEMA 5-15R socket PIN024751110	24V	750 W	611,10
113	Inversores	IN054	Victron Energy Phoenix Inverter 24/800-120V NEMA 5-15R PIN248010500	24V	800 W	607,20
114	Inversores	IN051	Victron Energy Phoenix Inverter 24/1200-120V NEMA 5-15R PIN241220500	24V	1200 W	937,20
115	Inversores	IN052	Victron Energy Phoenix Inverter 48/800-120V NEMA 5-15R PIN488010500	48V	800 W	742,50
116	Inversores	IN055	Victron Energy Phoenix Inverter 48/1200-120V NEMA 5-15R PIN481220500	48V	1200 W	1.069,20
117	Inversores	IN056	Victron Energy Phoenix Inverter 24/3000-120V VE.Bus PIN243020100	24V	3000 W	2.481,57
118	Inversores	IN030	Victron Energy MultiPlus C 12/2000/80-50 120V CMP122020100	12V	2000 W	2.392,50
119	Inversores	IN034	Victron Energy MultiPlus C 24/2000/50-50 120V CMP242020100	24V	2000 W	2.392,50
120	Inversores	IN035	Victron Energy MultiPlus 12/3000/120-50 120V PMP123021100	12V	3000 W	3.205,01
121	Inversores	IN037	Victron Energy Quattro 12/5000/220-100/100 120V QUA125021100	12V	5000 W	7.481,57
122	Inversores	IN038	Victron Energy MultiPlus 24/3000/70-50 120V PMP243021100	24V	3000 W	3.205,01
123	Inversores	IN039	Victron Energy MultiPlus 24/3000/70-50 120V WHITE PMP243021100W	24V	3000 W	3.205,01
124	Inversores	IN040	Victron Energy Quattro 24/5000/120-2x60 120/240V QUA245022100	24V	5000 W	6.275,15
125	Inversores	IN041	Victron Energy Quattro 48/3000/35-50/50 120V QUA483021100	48V	3000 W	3.946,30
126	Inversores	IN042	Victron Energy Quattro 48/5000/70-100/100 120V QUA485021100	48V	5000 W	6.275,15
127	Inversores	IN024	Victron Energy Battery monitor BMV001004000	9 - 90 V	0	297,03
128	Inversores Red	IR001	Victron Energy BlueSolar Grid Inverter 1500	0	1500W	3.287,65
129	Inversores Red	IR002	Victron Energy BlueSolar Grid Inverter 2000	0	2000W	3.921,23
130	Inversores Red	IR003	Kaco new energy Blueplanet 5002x Series 240V 60Hz	0	5000W	7.747,42
131	Inversores Red	IR004	SMA Sunny Boy 2000HF-US 240V	0	2000W	2.887,50
132	Inversores Red	IR007	SMA Sunny Boy 3000HF-US 240V	0	3000W	4.785,00
133	Inversores Red	IR009	SMA Sunny Boy 4000TL-US	0	4000W	5.148,00
134	Inversores Red	IR005	SMA Sunny Boy 5000LT- US 240V	0	5000W	5.775,00
135	Inversores Red	IR006	SMA Sunny Boy 10000TL US 240 V	0	10000W	9.570,00
136	Inversores Red	IR008	SMA Sunny Mini Central 6000 A-11, Solar inverter for grid feed-in Pac,r/Sac, max 6 000 W/6 000 VA galvanically insulated, text display, with reactive power supply, DC SUNCLIX terminal, incl. Electronic Solar Switch (ESS). SMC 6000A-11	0	6000W	5.758,50
137	Inversores Red	IR010	Fronius IG Plus V 12.0-3, Number of phases: 3, 277Vac 60Hz; 12kW	0	12000W	8.580,00



“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”

NI	Item	Code	Description	Tension	Power	PRICE PVP
138	Sistema Microred	SM001	SUNSET Sistema SUNPAY, incluye includes 1 module SUNSET PX 250-60 + 1 SUNSET inverter SMI 240-60	0	250W	1.638,09
139	Monitoreo	MO001	Meteocontrol WEB'log Confort	0	0	5.923,34
140	Monitoreo	MO002	Meteocontrol WEB'log Light +	0	0	2.131,37
141	Monitoreo	MO003	SMA Sunny WebBox with Bluetooth®. Sunny WebBox with Bluetooth® Wireless Technology Central measurement data acquisition and diagnostic unit for the professional. WEBBOX-BT-20	0	0	1.443,75
142	Monitoreo	MO004	SMA Bluetooth® Piggy Back with External Antenna.BTPB-EXTANT-NR	0	0	325,05
143	Monitoreo	MO005	Precision Battery Monitor BMV-600S BAM001004000	0	0	261,86
144	Convertidores	CN001	Phocos Conversor de Voltaje DC/DC 1A CV1205E	12Vdc	1A	28,55
145	Convertidores	CN002	Phocos Cargador de Baterías AA BCM-1.1	12Vdc	0	28,55
146	Convertidores	CN003	Studer MDC 1224-7 7, Output C. 7A, Input V. 9-18 Vdc, Output V. 24 Vdc.	9-18 Vdc a 24Vdc	170 W	214,49
147	Convertidores	CN004	Victron Energy, Orion 24/12-25A DC-DC converter IP20	18-32V a 10-15V	25 - 35 A	188,34
148	Power Box	PB001	Phocos Power Box Litio Solar 4Ah, 12Vdc LS4000	4Ah	12Vdc	174,90
149	Power Box	PB002	Phocos Power Box Litio Solar 7Ah, 12Vdc LS7000	7Ah	12Vdc	250,80
150	Baterías	BT001	Millenium S2000 115Ah 12Vd	12V	115Ah	234,00
151	Baterías	BT036	Millenium NARADA 31 - AGM - 100@10Horas	12V	100Ah	292,50
152	Baterías	BT048	Ritar Power RT1270E 12V 7Ah, 12Vdc 7Ah@10horas	12V	7Ah	16,45
153	Baterías	BT049	Ritar Power RT12120 12V 12Ah, 12Vdc 12Ah@10horas	12V	12Ah	36,71
154	Baterías	BT050	Ritar Power RT12180 12V 18Ah, 12Vdc 18Ah@10horas	12V	18Ah	52,80
155	Baterías	BT051	Ritar Power RA1240D 12Vdc 40Ah,12Vdc 40Ah@10horas	12V	40Ah	137,18
156	Baterías	BT047	Ritar Power RA12100D 12Vdc 100Ah, 100Ah@10horas	12V	100Ah	254,10
157	Baterías	BT065	Ritar Power DC12-150, 12Vdc 150Ah, 150Ah@10horas	12V	150Ah	396,00
158	Baterías	BT052	Ritar Power RA6200D 6Vdc 200Ah, 200Ah@10horas	6V	200Ah	240,62
159	Baterías	BT053	Ritar Power RL2500DG 2Vdc 500Ah, 500Ah@10horas	2V	500Ah	323,40
160	Baterías	BT054	Ritar Power RL2800DG 2VDC 800Ah, 800Ah@10horas	2V	800Ah	643,50
161	Baterías	BT055	Ritar Power OPzV2-1500G 2VDC 1500Ah, 1500Ah@10horas	2V	1500Ah	1.699,50
162	Baterías	BT056	Ritar Power RL 21000D 2VDC 1000Ah, 1000Ah@10horas	2V	1000Ah	577,50
163	Baterías	BT060	Ritar Power DC 22000 2VDC 2000Ah, 2000Ah@10horas	2V	2000Ah	1.089,00
164	Baterías	BT057	Ritar Power RL 23000D 2VDC 3000Ah, 3000Ah@10horas	2V	3000Ah	2.343,00
165	Baterías	BT058	Victron Energy OPzV 3000Ah@10horas 20 years at 20°C 500 ciclos al 80%, 215x580x815mm, 235Kg, BAT702302260	2V	3000Ah	3.630,00
166	Baterías	BT059	Victron Energy OPzS4560 3208Ah@10horas 20 years at 20°C, 1500 ciclos al 80%, 576 x 212 x 797mm, 240Kg, BAT802302280	2V	3208Ah	2.821,50
167	Baterías	BT067	Victron Energy OPzS910 610Ah@10horas 20 years at 20°C, 1500 ciclos al 80%, 206 x 145 x 711mm, 50Kg, BAT802601280	2V	610Ah	825,00
168	Baterías	BT061	Trojan Batteries 8D-GEL 12 VOLT DEEP CYCLE GEL BATTERIES	12V	225Ah	1.468,50
169	Baterías	BT062	East Power HD6-200Ah; 200Ah@10horas 6Vdc Deep Cycle electrolito AGM	6V	200Ah	254,10



"ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA"

Nº	Item	Code	Description	Tension	Power	PRICE PVP
170	Baterías	BT063	East Power HD12-100Ah; 100Ah@10horas 12Vdc Deep Cycle electrolito AGM	12V	100Ah	254,10
171	Baterías	BT064	East Power HD12-40Ah; 40Ah@10horas 12Vdc Deep Cycle electrolito AGM	12V	40Ah	137,18
172	Baterías	BT066	Battery CSB GP 12400, 40Ah@10horas, 12Vdc AGM	12V	40Ah	181,25
173	Baterías	BT068	Rolls Battery Rolls Battery 2-YS-31P Flooded Deep Cycle Battery, 3426Ah@100horas,	2V	3426Ah	3.135,00
174	Bomba	BO002	Shurflo PUMP SUBMERSIBLE 9325-043-101	24V	0	1.419,00
175	Bomba	BO003	Shurflo DC PUMP CONTROLLER 12/24V LCBG	24V	0	577,50
176	Cargador de Baterías	CB001	Victron Energy Skylla-TG 48/25 (1+1) SDTG4800251	48V	25A	1.600,50
177	Cargador de Baterías	CB007	Victron Energy Skylla-TG 48/50 (1+1) Uin 230Vac/45-65Hz CE Batt. Charger SDTG4800501	48V	50A	2.640,00
178	Cargador de Baterías	CB003	Victron Energy Phoenix Charger 12/30 (2+1) Uin 90-265Vac/45-65Hz PCH012030001	12V	30A	709,50
179	Cargador de Baterías	CB004	Victron Energy Phoenix Charger 24/25 (2+1) Uin 90-265Vac/45-65Hz PCH024025001	24V	25A	1.311,94
180	Cargador de Baterías	CB005	Victron Energy Centaur Charger 24/30 (3) Uin 90-265Vac/45-65Hz CCH024030000	24V	30A	1.197,06
181	Cargador de Baterías	CB006	Victron Energy Centaur Charger 24/40 (3) Uin 90-265Vac/45-65Hz CCH024040000	24V	40A	1.588,17
182	Cargador de Baterías	CB002	Studer MBC 24-32/1 IP65 Imput Vac 170 260 Battery voltage 24 Output A32	24V	32A	1.204,50
183	Cargador de Baterías	CB008	Victron Energy Blue Power Charger 12/7 - IP65 (1) Uin 115V/60Hz BPC012007110	12V	7A	409,56
184	Cargador de Baterías	CB009	Victron Energy Blue Power Charger GX 12/7-IP20(1) 120V-50/60Hz BPC120706100	12V	7A	284,56
185	Luminaria	LM003	Phocos Luminarias 5W CL1205C	12 V	5 W	13,65
186	Luminaria	LM004	Phocos Luminarias 7W CL1207C	12 V	7 W	18,01
187	Luminaria	LM005	Phocos Luminarias 11W CL1211C	12 V	11 W	14,77
188	Luminaria	LM006	Phocos Luminarias 15W CL1215C	12 V	15 W	19,34
189	Luminaria	LM021	Phocos Luminarias 15W CL2415C	24 V	15 W	31,75
190	Luminaria	LM007	Phocos Luminarias 30W CL1230C	12 V	30 W	31,35
191	Luminaria	LM024	Phocos Luminarias LED SL1290NF630	12 V	9 W	67,02
192	Luminaria	LM010	Cobertor plastico blanco para lamparas CFL LSH01W	0	0	2,52
193	Luminaria	LM013	Phocos Lampara Solar Integrada, Pico Light LED, V1.2, 120lm, ROHS (*)	12 V	0,8 W	82,50
194	Luminaria	LM015	Phocos Adaptador AC para Pico Light, US, 100-240VAC	12V/1A DC	2m	14,85
195	Luminaria	LM016	Phocos Adaptador de Auto para Pico Light			
196	Luminaria	LM017	Phocos Pico Light Interruptor, 2m, ROHS	2m	0	4,95
197	Luminaria	LM018	Phocos Set de Conectores de Celular para Pico Light, 2m,ROHS	USB-Plug	0	4,95
198	Luminaria	LM022	Luminaria, Phocos Dual USB Adaptaer for Integrate Solar LED Lamp, 3m. ROHS	USB-Plug	0	5,45
199	Luminaria	LM023	Luminaria, Phocos Panel Distributor for Integrate Solar LED Lamp ROHS, CE	0	0	9,90
200	Luminaria	LM019	Phocos 4pcs Baterías NIMH LSD, 2100mAh tamaño Mignon/AA	0	0	14,85
201	Luminaria	LM014	AEP LED Lamp 48Vdc 12W	2100mAh	4 uni	24,75
202	Luminaria	LM026	Phocos - Zimpertec Luminaria LED Serie: TL-70-3, 3W, 12VDC, T5 tube lamp, >210lm	48Vdc	12 W	82,11
203	Luminaria	LM025	Phocos - Zimpertec Luminaria LED Serie: TL-70-5, 5W, 12VDC, T5 tube lamp, >350lm	12Vdc	3W	14,85
204	Luminaria	LM027	Phocos - Zimpertec Luminaria interior LED SFL 2W, 12V (sunflower) SFL85-02-LA	12Vdc	5W	19,14
				12Vdc	2W	18,65



“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”

N!	Item	Code	Description	Tension	Power	PRICE PVP
205	Luminaria	LM028	Phocos - Zimpertec Luminaria interior LED SFL 3W, 12V (sunflower) SFL85-03-LA	12Vdc	3W	21,25
206	Luminaria	LM029	Phocos - Zimpertec Luminaria interior LED SFL 5W, 12V (sunflower) SFL85-05-LA	12Vdc	5W	23,60
207	Luminaria	LM030	Phocos - Zimpertec Socket para Luminaria Interior LED SFL, incluye cable, conector e interruptor	12Vdc	0	9,08
208	Luminarias Públicas	LP001	Phocos Luminaria publica LED 15W SL15, 15W, 600mA, 1350 lm	12V	15W	151,80
209	Luminarias Públicas	LP002	Phocos Luminaria publica LED 11W SL11, 11W, 600 mA, 990 lm	12V	11W	135,30
210	Luminarias Públicas	LP003	Phocos Driver LED 12V DC SL-D-B, 1xSL11, 2xSL11, 1xSL15, 2xSL15, 1xSL15 + 1xSL11	12V	11 - 30W	47,85
211	Luminarias Públicas	LP004	Phocos Driver LED 100-240V 50/60Hz 30W Maximo para 1xSL15, 2xSL15, 1xSL11, 2xSL11	100 - 240 V	30W	79,17
212	Luminarias Públicas	LP005	Phocos Tubo de ensamblado para 1xSLxx SL-ASS1	1xSLxx	0	34,65
213	Luminarias Públicas	LP006	Phocos Tubo de ensamblado para 2xSLxx SL-ASS2	2xSLxx	0	49,66
214	Luminarias Públicas	LP007	Phocos Tubo de ensamblado para 3xSLxx SL-ASS3	3xSLxx	0	63,46
215	Puente de Diodo	PD001	Argodiode 160-2AC 2 batteries 160A isolator ARG16020102,	2 baterías	160 A	202,72
216	Aerogeneradores	AE017	Primus Wind Power AIR 40 12 Volt DC Wind Turbine	12 / 24 V	160W	1.413,86
217	Aerogeneradores	AE018	500W Max/12V 5-Blade Home Wind Turbine 400W Rated w/Controller	12 / 24 V	500W	1.341,37
218	Aerogeneradores	AE019	1000W/48V Residential Wind Turbine 5 Blades w/Controller	24 / 48 V	1000W	2.694,71
219	Aerogeneradores	AE020	3000W 48V Hybrid Wind Turbine 5 Blades	24 / 48 V	3000W	4.985,92
220						
221						
222	0	0	0	0	0	-

* Todos los precios no incluyen IVA



ANEXO III. Características técnicas del panel solar GMA Solar GMA250P Poly-crystalline solar cells (manufactured in Montreal Canadá).

GMA 60-P Series

GMA225, GMA230, GMA240, GMA245, GMA250, GMA260



DATOS ELÉCTRICOS

Tipo de Panel	GMA 225-60	GMA 230-60	GMA 240-60	GMA 245-60	GMA 250-60	GMA 260-60
Potencia nominal máx. (Wp)	225 W	230 W	240 W	245 W	250 W	260 W
Voltaje nominal (Vmp)	29.7 V	29.9 V	30.1 V	30.3 V	30.5 V	30.9 V
Corriente nominal (Imp)	7.58 A	7.69 A	7.97 A	8.05 A	8.20 A	8.42 A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	37.0 V	37.2 V	37.2 V	37.2 V	37.6 V	38.0 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.46 A	8.24 A	8.96 A	9.15 A	8.87 A	8.99 A
Eficiencia del módulo (%)	13.6	13.9	14.5	14.8	15.1	15.7
Voltaje máximo del sistema	600 VDC (UL) 1000 VDC (IEC)					
	STC: 1000 W/m ² , 25°C, AM= 1.5					

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

TONC	45+/-2°C
Voltaje Temperatura Coeficiente (Voc)	-0.36%
Corriente temperatura Coeficiente (Isc)	+0.033%
Potencia de temperature Coeficiente (Pmpp)	+0.48%
Tolerancia de potencia mínima	-0/+5%

TONC: Temperatura de operación nominal de la celda -40°C to + 95°

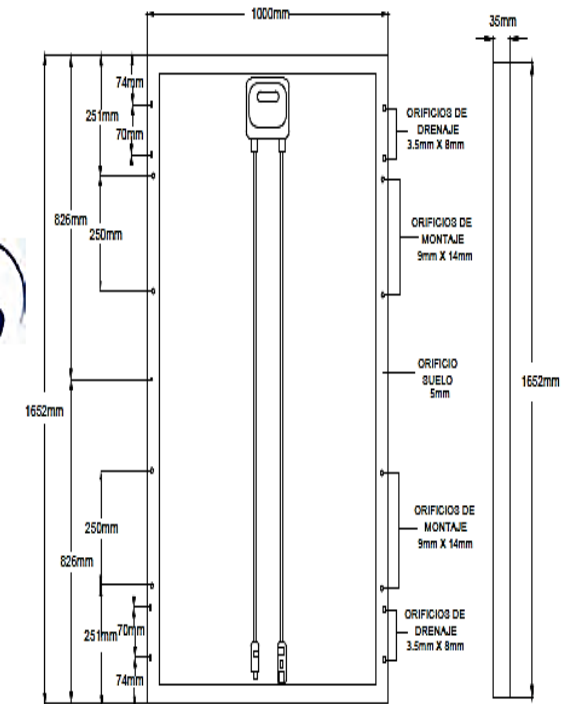
DATOS MECÁNICOS

Celda Solar	Policristalina 156 mm x 156 mm
Vidrio frontal	3.2 Templado
Caja de conexiones	Caja de conexiones certificada
Cables de salida	1000 mm de longitud con conectores
Marco	Aluminio anodizado
Peso	20kg
Dimensiones	1652 mm x 1000 x 35 mm

GARANTIA Y CERTIFICACIONES

Garantía	12 años fabricación, 12 años 90%, 25 años 80% garantía de Potencia
Certificaciones	IEC 61215, IEC 61730, CE, cETLus

Nota: Las especificaciones están sujetas a cambios sin previo aviso




www.gmasolar.ca

3626 BLVD. POIRIER, MONTREAL, QC, CANADA H4R 2J5
TEL : 514-956-0101 | FAX : 514-956-1783 | info@gmasolar.ca



ANEXO IV. Características técnicas de la batería’ *Ritar Power DC12-150, 12Vdc 150Ah, (150Ah-10horas).*



RA12-150 (12V150Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards .With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.

Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	150Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 44.5 Kg (Tolerance ± 1.5%)
Max. Discharge Current	1500A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 4 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C ± 5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	45A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



ANEXO V. Características técnicas del regulador profesional MPS 45 Interruptor de Alimentación Modular.

MPS series (45 – 80 A)

Modular Power Switch



- 12/24/48 V (automatic oder manually selectable)
- Low-voltage or overcharge disconnect (adjustable)
- Overcharge protection
- Pulse-width modulation or two-point series switching
- Can also be used with hybrid systems
- Excess energy management
- Flexible grounding
- DIN rail mounting

Type	MPS 45	MPS 80
Nominal voltage	12/24/48 V (automatic or manually selected)	
Load current max.	45 A	80 A
Own consumption	< 10 mA	
Ambient temperature	-40 to +50 °C	
Dimensions (W x H x D)	108 x 150 x 112 mm	
Weight	1,007 g	1,100 g
Type of protection	IP22	



ANEXO VI. Características técnicas del inversor Victron Energy Phoenix Inverter 24/1200-120V NEMA 5-15R PIN241220500

Inversor Phoenix	12 Volt 24 Volt 48 Volt	12/180 24/180	12/350 24/350 48/350	12/800 24/800 48/800	12/1200 24/1200 48/1200
Potencia CA cont. de salida a 25 °C (VA) (3)		180	350	800	1200
Potencia cont. a 25 °C / 40 °C (W)		175 / 150	300 / 250	700 / 650	1000 / 900
Pico de potencia (W)		350	700	1600	2400
Tensión / frecuencia CA de salida (4)		110VAC o 230VAC +/- 3% 50Hz o 60Hz +/- 0,1%			
Rango de tensión de entrada (V DC)		10,5 - 15,5 / 21,0 - 31,0 / 42,0 - 62,0		9,2 - 17,3 / 18,4 - 34,0 / 36,8 - 68,0	
Alarma de batería baja (V DC)		11,0 / 22 / 44		10,9 / 21,8 / 43,6	
Apagado por batería baja (V DC)		10,5 / 21 / 42		9,2 / 18,4 / 36,8	
Autorrecuperación de batería baja (V DC)		12,5 / 25 / 50		12,5 / 25 / 50	
Eficacia máx. 12 / 24 / 48 V (%)		87 / 88	89 / 89 / 90	91 / 93 / 94	92 / 94 / 94
Consumo en vacío 12 / 24 / 48 V (W)		2,6 / 3,8	3,1 / 5,0 / 6,0	6 / 6 / 6	8 / 9 / 8
Consumo en vacío en modo de ahorro		n. a.	n. a.	2	2
Protección (2)		a - e			
Temperatura de funcionamiento		-40 to +50°C (refrigerado por ventilador)			
Humedad (sin condensación)		max 95%			
CARCASA					
Material y color		aluminio (azul RAL 5012)			
Conexiones de la batería		1)	1)	1)	1)
Tomas de corriente CA estándar		230V: IEC-320 (IEC-320 enchufe incluido), CEE 7/4 (Schuko) 120V: Nema 5-15R			
Otros enchufes (bajo pedido)		BS 1363 (Reino Unido) AN/NZS 3112 (Australia/Nueva Zelanda)			
Tipo de protección		IP 20			
Peso en (kg / lbs)		2,7 / 5,4	3,5 / 7,7	6,5 / 14,3	8,5 / 18,7
Dimensiones (al x an x p en mm.) (al x an x p en pulgadas)		72x132x200 2.8x5.2x7.9	72x155x237 2.8x6.1x9.3	108x165x305 4.2x6.4x11.9	108x165x305 4.2x6.4x11.9



ANEXO VII. Tabla de cables comerciales AWG (Electrocables C.A)



ESPECIFICACIONES TECNICAS

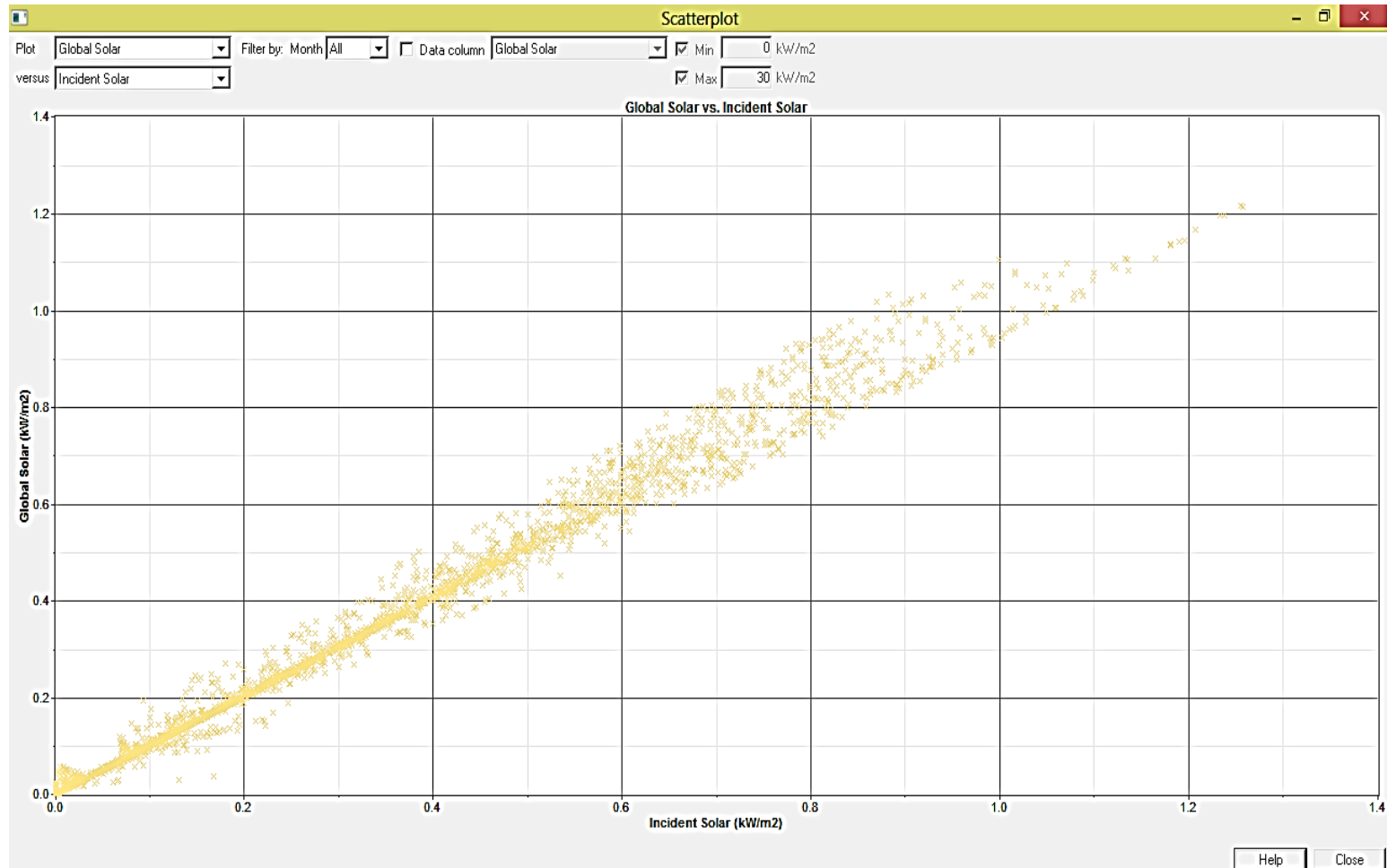
Todos los conductores fabricados por ELECTROCABLES C.A. cumplen con holgura las especificaciones establecidas en las normas de fabricación existentes para cada tipo y que son las siguientes:

Calibre AWG ó MCM	Sección mm ²	FORMACION No. de Hilos por diámetro en mm.	DIAMETRO EXTERIOR Mm	PESO TOTAL Kg/Km	Semiduro		Suave	(*)
					TENSION DE RUPTURA Kg.	RESISTENCIA C.C. a 20 °C OHMS/Km.	RESISTENCIA C.C. a 20 °C OHMS/Km.	CAPACIDAD Corriente Amp.
14	2.08	1 x 1,63	1.63	18,50	76.00	8.490	8.280	35
12	3.31	1 x 2,05	2.05	29,40	119.00	5.330	5.210	45
10	5.26	1 x 2,59	2.59	46.77	187.00	3.360	3.280	68
8	8.37	1 x 3,26	3.26	74.38	292.00	2.110	2.060	92
6	13.30	1 x 4,12	4.12	118.20	461.00	1.340	1.297	125
14	2.08	7 x 0,62	1.86	18.89	69.00	8.603	8.390	35
12	3.31	7 x 0,78	2.34	30.57	110.00	5.412	5.290	45
10	5.26	7 x 0,98	2.94	47.76	175.00	3.401	3.320	68
8	8.37	7 x 1,23	3.69	75,90	276.00	2.151	2.100	95
6	13.30	7 x 1,55	4.65	121.00	432.00	1.354	1.322	129
4	21.15	7 x 1,96	5.88	192.00	682.00	0.851	0.832	170
2	33.62	7 x 2,47	7.41	305.00	1069.00	0.536	0.519	230
1	42.36	7 x 2,78	8.34	385.00	1330.00	0.428	0.412	275
1/0	53.49	7 x 3,12	9.36	485.00	1681.00	0.337	0.329	310
2/0	67.43	7 x 3,50	10.50	611.00	2103.00	0.267	0.261	360
1/0	53.49	19 x 1,89	9.45	481.00	1722.00	0.337	0.329	319
2/0	67.43	19 x 2,12	10.60	610.00	2149.00	0.267	0.261	371
3/0	85.01	19 x 2,39	11.95	711.00	2715.00	0.212	0.207	427
4/0	107.20	19 x 2,68	13.40	972.00	3395.00	0.168	0.164	500
250	127.00	37 x 2,09	14.63	1150.00	4067.00	0.1420	0.1390	540
300	152.00	37 x 2,29	16.03	1380.00	4883.00	0.1180	0.1160	605
350	177.00	37 x 2,47	17.29	1610.00	5648.00	0.1020	0.0991	670
400	203.00	37 x 2,64	18.48	1840.00	6416.00	0.0887	0.0868	730
500	253.00	37 x 2,95	20.65	2300.00	7944.00	0.0712	0.0694	840
600	304.00	37 x 3,23	22.61	2760.00	9553.00	0.0592	0.0578	945
650	329.00	37 x 3,37	23.59	2990.00	10340.00	0.0563	0.0530	985
700	355.00	37 x 3,49	24.43	3220.00	11155.00	0.0501	0.0496	1040

(*) Capacidad de corriente calculada para 75 °C de temperatura del conductor, 25° C temperatura ambiente, 0.6 m/s velocidad del viento, sin efecto del sol y para una conductividad IACS del 97.5%.

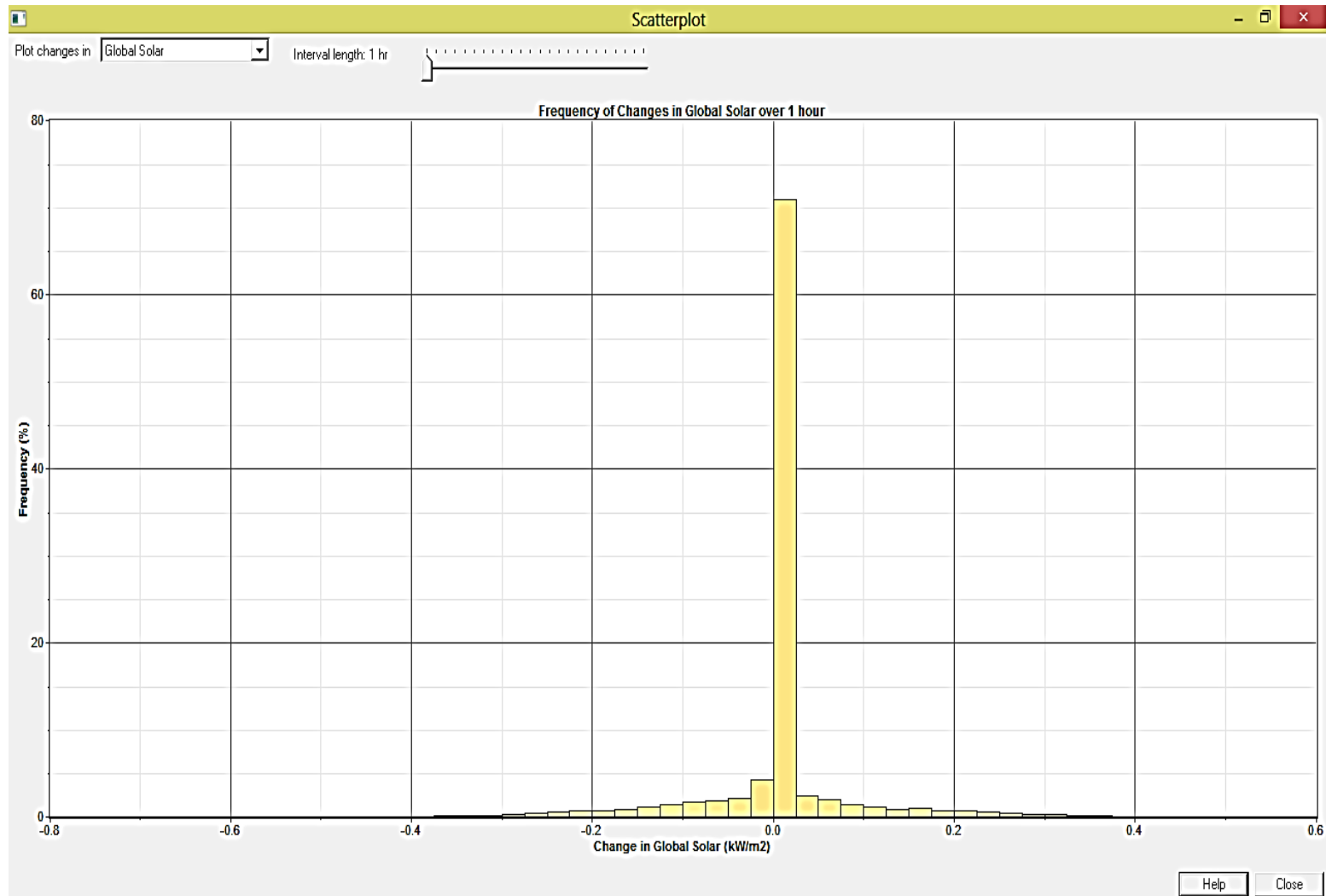


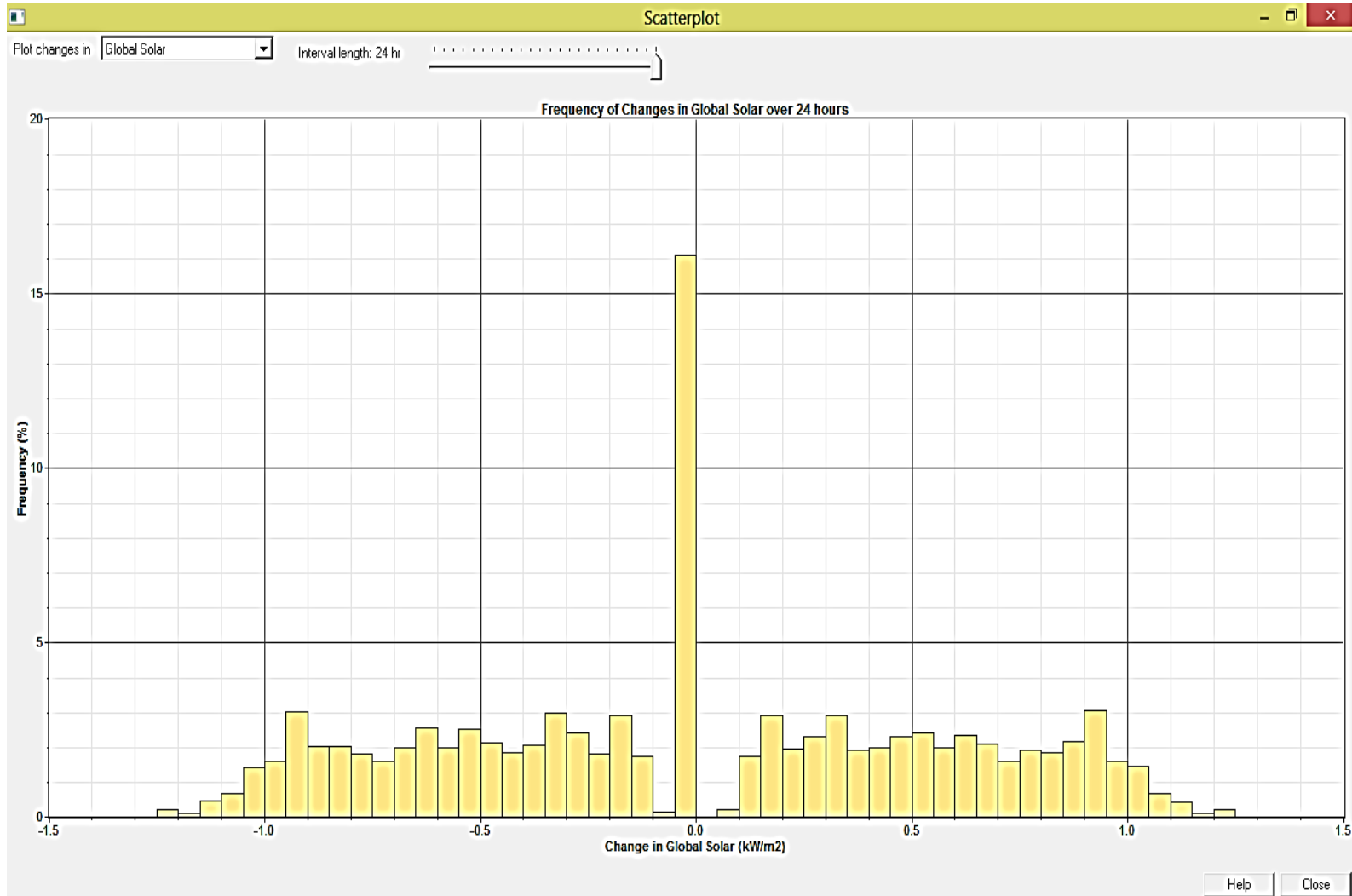
ANEXO VIII. Graficas adicionales de la simulación en HOMER





“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”







CERTIFICACIÓN

Lcda.
Tania Patricia Vélez Ludeña.
PROFESORA DE INGLES DEL COLEGIO PARTICULAR “EUGENIO ESPEJO”

CERTIFICA:

Que realice la traducción al idioma ingles del presente resumen de trabajo de tesis de grado, cuyo tema versa en el **“ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE USO DE PANELES FOTOVOLTAICOS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA EN EL SECTOR RESIDENCIAL DE LA CIUDAD DE LOJA”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, solicitado por el Sr. Egresado: **Edgar Rafael Rivas Celi**, es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Loja, 19 de abril del 2015.

Lcda. Tania Patricia Vélez Ludeña.
PROFESORA DE INGLES