

PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS DOMICILIARIOS PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA LIMPIA EN SAN PLÁCIDO

Jorge Daniel Arteaga Santana¹, Carlos Ricardo Delgado Villafuerte²

¹Fundación Funpipe, calle Amadeo Solórzano y av. 26 de Septiembre,
Portoviejo – Manabí - Ecuador

²Docente de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix
López, Campus Politécnico El Limón, Km 2.7, Calceta – Manabí – Ecuador

Contacto: ¹ccopff@gmail.com

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo primordial proponer una alternativa de energía limpia a través de paneles solares fotovoltaicos domiciliarios para la parroquia San Plácido del cantón Portoviejo. Se procedió a encuestar a los jefes de familia de 219 viviendas, para obtener el consumo eléctrico básico y número de electrodomésticos disponibles en cada hogar. Esta información permitió determinar que existe un consumo promedio de 5060 Wh/día. Además de los registros de la estación meteorológica de la ciudad de Portoviejo se logró establecer que la heliofanía en San Plácido, es de un promedio de 5 horas de luz diaria. En función de los datos obtenidos se encontró que la instalación del sistema fotovoltaico desde el punto de vista técnico tiene una generación estimada de 6936 Wh/día con una intensidad de 578 Ah/día y un voltaje de 120 V. Por lo antes mencionado, se determina que el consumo promedio obtenido en la parroquia San Plácido está dentro de los parámetros normales y la heliofanía del sector es óptima para la generación de energía fotovoltaica.

Palabras clave: Energía eléctrica, sistema fotovoltaico, heliofanía, intensidad, voltaje, consumo eléctrico.

ABSTRACT

This research aims primarily to propose an alternative clean energy through solar home solar panels in San Placido parish of the canton Portoviejo. A survey for 219 householders was applied for the basic power consumption and number of appliances available in every home, being applied this a total of 219 homes, which is reflected in their respective tabulation, determining that there is an average consumption of 5060

Wh/day. To consolidate this information field visits were made to the meteorological station of the city of Portoviejo in order to establish the heliophany of San Placido, given an average of 5 hours of daily light. Based on the data obtained three technical studies for the installation of the photovoltaic system were performed, the optimum proved to be the second study, which involves taking the total burden of the estimated generation of 6936 Wh/day with an intensity energy demand 578 Ah/day and a voltage of 120 V.

As mentioned above, it is determined that the average consumption achieved in the parish San Placido is within normal parameters and heliophany industry is optimal for photovoltaic power generation.

Key Words: Electricity, photovoltaic system, heliophany, current, voltage, power consumption.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los mayores problemas que enfrentan la Tierra y la humanidad en el siglo XXI, su causa principal es el desarrollo económico, esto debido a que el hombre se ha vuelto el principal autor en el deterioro del planeta. Esta situación ocurre por la excesiva quema de combustibles fósiles que generan emisiones de dióxido de carbono que disminuyen la calidad del aire ocasionando un aumento de enfermedades respiratorias que comprometen al pulmón y a las vías respiratorias como el asma, la rinitis alérgicas, el cáncer (OMS 2014) entre otras, por tal razón a nivel mundial se ha propuesto el cambio a métodos de energía limpia o energía verde con el objetivo de mejorar la calidad del aire y del servicio de energía.

En la comunidad de San Plácido del cantón Portoviejo, la dotación de energía eléctrica es ineficiente, prueba de aquello es que los electrodomésticos y el sistema de alumbrado no pueden funcionar de manera óptima, en especial los sistemas de refrigeración (refrigeradora) se debe desenchufar en horas picos para evitar el deterioro del equipo, además para cubrir la demanda energética para esta zona se ponen a funcionar generadores de combustión interna que al generar 1Kwh emiten 0,247Kg de

CO₂ que produce contaminación en la calidad del aire y efectos como el calentamiento global (Guevara, 2010).

Además la Constitución del 2008 plantea que es necesario el uso de energía limpia, por tal razón el Consejo Nacional de Electricidad CONELEC ha realizado un documento denominado Atlas Solar del Ecuador con fines de generación eléctrica renovable.

Dentro de este estudio se pretende proponer una alternativa de energía limpia a través de paneles solares fotovoltaicos domiciliarios en la parroquia San Plácido del cantón Portoviejo, para lo cual se tomará como referencia el manual de energía fotovoltaica de Orbezo, C. (2010) y el Atlas Solar del Ecuador de CONELEC (2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la parroquia San Plácido del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí, de la República del Ecuador.

Dicha parroquia se ubica al Este de la provincia de Manabí, limita al Norte con los cantones Junín, Bolívar y Pichincha, al Sur con la parroquia Honorato Vásquez del cantón Santa Ana, al Este con el cantón Bolívar y al Oeste con la línea imaginaria paralela al estero Agua Blanca que conecta con la parroquia Alajuela.

Tiene una superficie aproximada de 217,1 Km² con un perímetro aproximado de 95,6 km. Su clima es Tropical, la temperatura promedio es de 25 a 30°C en época seca y de 35°C en época lluviosa.

Se encuentra a 458 metros sobre el nivel del mar; en zona baja 77,04 sobre el nivel del mar y en casco parroquial 79,7 metros de altura sobre el nivel del mar (GAD San Plácido, 2015).

Procedimientos:

Actividad a. Determinación de la carga eléctrica de vivienda tipo.

Se determinó la cantidad de viviendas encuestadas, para esto se realizó el cálculo de tamaño de la muestra, utilizando la fórmula (1):

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq} \quad [1]$$

En donde:

n: muestra, es el número representativo del grupo de viviendas a estudiar (población) y, por tanto, el número de encuestas a realizar, o el número de viviendas que se deben encuestar.

N: viviendas, es el grupo de viviendas a estudiar.

z: nivel de confianza, mide la confiabilidad de los resultados. Lo usual es utilizar un nivel de confianza de 95% (1,96) o de 90% (1,65). Mientras mayor sea el nivel de confianza, mayor confiabilidad tendrán los resultados, pero, por otro lado, mayor será el número de la muestra, es decir, mayores encuestas a realizar.

e: grado de error, mide el porcentaje de error que puede haber en los resultados. Lo usual es utilizar un grado de error de 5% o de 10%. Mientras menor margen de error, mayor validez tendrán los resultados, pero, por otro lado, mayor será el número de la muestra, es decir, mayores encuestas a realizar.

p: probabilidad de ocurrencia, probabilidad de que ocurra el evento. Lo usual es utilizar una probabilidad de ocurrencia del 50%.

q: probabilidad de no ocurrencia: probabilidad de que no ocurra el evento. Lo usual es utilizar una probabilidad de no ocurrencia del 50%. La suma de “p” más “q” siempre debe dar 100% (Gabaldon 1980, citado por Ramos, 2009).

Se realizó el inventariado de los electrodomésticos donde se permitió conocer la demanda de energía pico de la vivienda tipo; Se realizó un cálculo de la energía de consumo necesaria diariamente (Wh/día), donde el CNEL (2013) establece mediante los siguientes pasos:

- Mediante un formulario se recoge las lecturas del mes anterior en KWh/mes de cada vivienda encuestada.
- Se saca un promedio del consumo eléctrico mensual entre todas las viviendas encuestadas.
- Luego se transforma el promedio del consumo obtenido de KWh/mes a KWh/día. Esto permitirá tener un valor del consumo real de la vivienda tipo.

También se calculó la carga por vivienda encuestada, mediante una ficha de inventario por cada unidad en la que se recopiló sistemáticamente cada resultado, la cual permitió conocer la demanda de energía pico de la vivienda tipo de la comunidad.

Actividad b. Obtención de la heliofanía en el sitio de estudio

La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol diario que existe en la comunidad de San Plácido; se realizó la visita a la estación meteorológica más cercana a la área de estudio como es el caso de la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología Hidrología INAMHI ubicada en la ciudad de Portoviejo, se recabó información de la heliofanía de los últimos 10 años. Esta información fue de gran ayuda para determinar la presencia del sol diariamente en la parroquia San Plácido.

Actividad c. Factibilidad técnica en la instalación de paneles solares fotovoltaicos en San Plácido

Se determinó el sistema de paneles solares fotovoltaicos mediante el análisis de la demanda de energía de la vivienda tipo y de cada uno de los equipos que integran el sistema fotovoltaico, los mencionados dispositivos, están a disposición en el mercado nacional.

Se realizaron tres cálculos, para poder determinar el sistema más conveniente para una vivienda tipo. Se calculó la cantidad de paneles solares fotovoltaicos considerando la demanda de energía que necesita la vivienda tipo o de la carga promedio de energía que necesita cada vivienda de la parroquia de San Plácido. Para esto se eligió el equipo de la foto 2, que tiene las siguientes características:

Sistema fotovoltaico policristalino 155 Wp/24 V; Voltaje max. V_{oc}^* 44 V +/-0,5V; Voltaje MPP V_{mpp}^* 35,5 V +/-0,5 V; Corriente max. I_{sc}^* 4,76 A +/-0,1A Corriente MPP I_{mpp}^* 4,37 A +/-0,1 A; Medidas (mm) 1190x992x35.

La cantidad de baterías que integra el acumulador o banco de baterías depende de igual manera de la energía necesaria para trabajar durante 48 horas de no generación, es decir dos días sin luz solar.

La batería que nos sirvió para realizar el cálculo es la "Ultracell Gel" de ciclo profundo, idónea para sistemas fotovoltaicos con un óptimo rendimiento de 2400 ciclos a 30% DOD! Vida de diseño Float: 15 años, Potencia de 12 VDC 120 Ah @ C 10 h.

El controlador de carga a utilizar en el sistema fotovoltaico, muestra las siguientes características:

Controladores Morningstar ProStar 15, es un sistema de carga sofisticado con tres indicadores del estado de batería y sensor de temperatura, con LVD de desconexión automática de la carga cuando la batería está agotada. Su conexión debe ser en paralelo hasta 300 A, es completamente en estado sólido para entornos tropicales, seleccionable para baterías selladas, gel y de plomo ácido líquido, de 12/24 V y de 15 A y 30 A.

El inversor de carga que se utilizó en el sistema fotovoltaico, muestra las siguientes características:

Este inversor de sinodal pura, muy robusto con recarga de baterías a través de la red que funciona con 24 VDC, 2000 W, 110 VAC / 60 HZ, para instalaciones fijas en casas con un fuerte consumo eléctrico y para arrancar grandes refrigeradoras, su autoconsumo es aproximado de 30 W.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viviendas encuestadas

Según el último censo del INEC, (2010), en la parroquia San Plácido existe 1798 viviendas, se tiene como dato de referencia que cada vivienda está representada por 5 integrantes como promedio, se aplicó la siguiente fórmula 1.

$$n = \frac{Z^2 pqN}{Ne^2 + Z^2 pq} \quad [1]$$
$$n = \frac{(1,95^2 \cdot 0,05 \cdot 0,05 \cdot 515)}{515(0,05)^2 + [(1,95)^2 \cdot 0,5 \cdot 0,5]} = 219 \text{ viviendas}$$

En el cálculo de tamaño de la muestra se dio como resultado un total de 219 viviendas para la aplicación de la encuesta.

Consumo de energía eléctrica por vivienda de la comunidad

La información primaria a según el formato de la encuesta reflejaron los siguientes resultados:

Demanda de energía

Se obtuvo un promedio de 150 KWh/mes el consumo mensual en una vivienda tipo encuestada por lo que se transformó ese consumo mensual a diario:

$$\text{consumo de energía diario} = \frac{150\text{KWh}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \times \frac{1000\text{W}}{1\text{KW}}$$

$$\text{consumo de energía diario} = 5000 \text{ wh/día}$$

Cuadro 1. Consumo total de los electrodomésticos por día de una vivienda tipo en la parroquia San Placido

electrodomésticos y sistema de alumbrado	unidad	Potencia ca (w)	horas de uso	energía / día (wh/día)
refrigerador	1	400	8,00	3200,00
televisor	1	150	5,00	750,00
plancha	1	800	0,30	240,00
licuadora	1	400	0,15	60,00
focos fluorescentes	6	25	5,00	750,00
			Total de energía diario	5000,00

En el cuadro 1, apreciamos los electrodomésticos que encontramos en una vivienda tipo, además contiene la potencia que requiere para realizar su trabajo y las horas de uso que son utilizados los electrodomésticos.

Heliofanía

Durante el mes de investigación la presencia del sol es continua, por lo tanto esto garantiza la radiación solar necesaria para poder cargar el sistema.

Como resultado se obtuvo que un día del mes de investigación se dio mayor presencia de heliofanía alcanzado 9 horas con 30 minutos y cuatro otros días de ese mismo mes no existió presencia solar, en los demás días se obtuvo un promedio de 3 horas, ideal para producir energía eléctrica (Grafico 1).

Por los datos antes expuestos se determinó que existe un promedio de presencia del sol diario, para que el sistema fotovoltaico propuesto no tenga inconveniente en generar energía eléctrica.

Se pudo investigar que durante un año la presencia del sol es continua, lo cual facilita la radiación solar apropiada para cargar el sistema.

En los meses de septiembre, marzo, abril del 2012, y en el mes de agosto del 2013 se produjo la mayor presencia de heliofanía alcanzado 105 horas como máximo, en el mes de enero del 2012 por el contrario la presencia solar no fue muy significativa, sin embargo en los demás meses se obtuvo un promedio de 80 horas mensuales, número de horas apropiadas para producir energía eléctrica. Por lo antes expuesto se determina que existe un promedio de horas en los meses útil e ideal para el sistema propuesto.

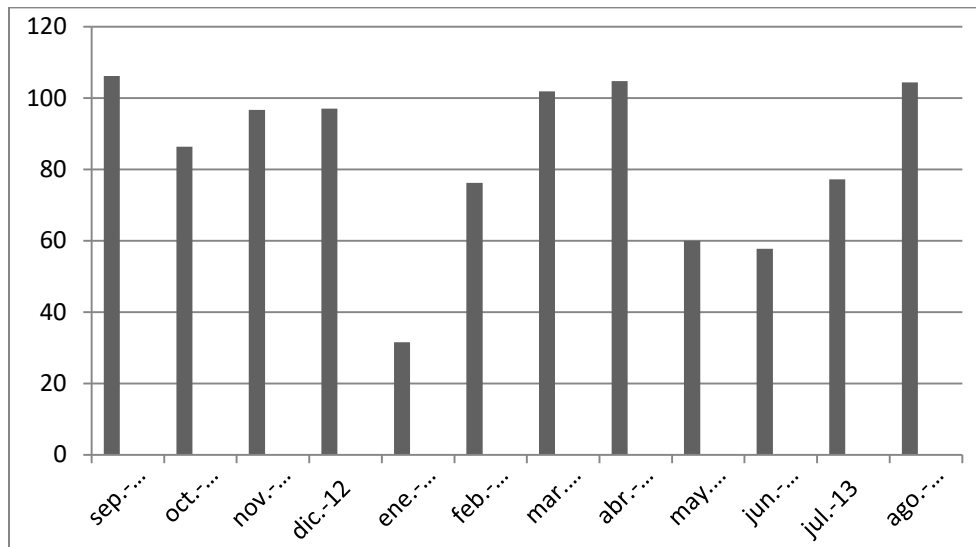


Grafico 1. Heliofanía en la parroquia San Placido en el año de investigación

La heliofanía es obtenida diariamente a través del heliógrafo, se puede apreciar también el resultado de las horas luz en un día, el proceso de insolación por lo general comienza a ser intensa a partir de las 10H15 hasta al 17H10, valores óptimos para el uso de los sistemas fotovoltaicos que de acuerdo a ASUNTOL (2010), la batería necesita mínimo 3 horas de luz diarias para recargarse.

a. Resultado del primer cálculo para la instalación de paneles solares fotovoltaicos

En este primer cálculo se trabajó con una compensación del 8%, una carga total promediada en viviendas (CTPV): 5000 Wh/día, y con el consumo del inversor (CI): 30 W (según especificaciones) x 24 horas.

$$\text{carga total} = \text{CTPV} + \text{CI} + \text{Comp} = 5000 \text{ Wh/día} + (30 \text{ W} \times 24 \text{ H}) + (8\%)$$

$$\text{carga total} = 6177,60 \text{ Wh/día}$$

$$\text{paneles} = \text{CT} / \text{W} = 6177,60 \text{ Wh/día} / 450 \text{ Wh/día} = 13 \text{ paneles.}$$

$$\text{AH/día} = \text{Carga Total} / 12 \text{ A} = 578 \text{ A.}$$

$$\text{número de baterías} = (\text{AH/día}) / (120 \times 2) = 9 \text{ baterías.}$$

El primer cálculo se realizó tomando a consideración el siguiente equipo fotovoltaico:

- 13 paneles fotovoltaicos policristalino 155 Wp/24 V; voltaje max. Voc* 44 V +/-0,5 V; Voltaje MPP Vmpp*35,5 V +/-0,5 V; corriente max. Isc* 4,76 A +/-0.1A corriente MPP Imp* 4,37 A +/-0,1 A; medidas (mm) 1190x992x35.
- 9 baterías ultracell gel de ciclo profundo, batería para SFVs con un altísimo rendimiento de 2400 ciclos a 30% DOD! vida de diseño Float: 15 años, potencia a 12 VDC 120 Ah @ C 10 h.
- 1 controlador morningstar prostar 15, controlador de carga sofisticado incluye tres indicadores del estado de batería y sensor de temperatura, LVD desconexión automática de la carga cuando la batería está agotada.
- 1 inversor, características: 24 VDC, 2000 W, 110 VAC / 60 HZ, inversor de sinodal pura muy robusto con recarga de baterías a través de la red, ideal para instalaciones fijas en casas con un fuerte consumo eléctrico y para arrancar grandes refrigeradoras, autoconsumo aproximado de 30 W.
- Accesorios, conductores y estructuras.

Este sistema fotovoltaico genera 6177,60 Wh/día con una intensidad de 504,50 Ah/día con voltaje de 120 V.

b. Resultado del segundo cálculo para la instalación de paneles solares fotovoltaicos

En este segundo cálculo se trabajó con una compensación del 20 %, una carga total promediada en viviendas (CTPV): 5000 Wh/día, y con el consumo del inversor (CI): 30 W (según especificaciones) x 24 horas.

$$\text{carga total} = \text{CTPV} + \text{CI} + \text{Comp} = 5000 \text{ Wh/día} \times (30 \text{ W} \times 24 \text{ H}) + (20\%)$$

$$\text{carga total} = 6864,00 \text{ Wh/día}$$

$$\text{paneles} = \text{CT} / \text{W} = 6864,00 \text{ Wh/día} / 450 \text{ Wh/día} = 15 \text{ paneles.}$$

$$\text{AH/día} = \text{carga total} / 12 \text{ A} = 578 \text{ A}$$

$$\text{número de baterías} = (\text{AH/día}) / (120 \times 2) = 10 \text{ baterías.}$$

El segundo cálculo se realizó tomando a consideración el siguiente equipo fotovoltaico:

- 15 paneles fotovoltaicos policristalino 155 Wp/24 V; voltaje max. Voc* 44 V +/-0,5 V; voltaje MPP Vmpp*35,5 V +/-0,5 V; corriente max. Isc* 4,76 A +/-0,1 A corriente MPP Imp* 4,37 A +/-0,1 A; medidas (mm) 1190x992x35.
- 10 baterías ultracell gel de ciclo profundo, batería para SFVs con un altísimo rendimiento de 2400 ciclos a 30% DOD! vida de diseño Float: 15 años, potencia a 12 VDC 120 Ah @ C 10 h.
- 1 controlador Morningstar ProStar 15, controlador de carga sofisticado incluye tres indicadores del estado de batería y sensor de temperatura, LVD desconexión automática de la carga cuando la batería está agotada.
- 1 inversor, características: 24 VDC, 2000 W, 110 VAC / 60 HZ, inversor de sinodal pura muy robusto con recarga de baterías a través de la red, ideal para instalaciones fijas en casas con un fuerte consumo eléctrico y para arrancar grandes refrigeradoras, autoconsumo aproximado de 30 W.
- Accesorios, conductores y estructuras.

Este segundo cálculo de sistema fotovoltaico genera 6864,00 Wh/día con una intensidad de 578,00 Ah/día con voltaje de 120 V.

c. Resultado del tercer cálculo para la instalación de paneles solares fotovoltaicos

En este tercer cálculo se trabajó con una compensación del 35 %, una carga total promediada en viviendas (CTPV): 5000 Wh/día, y con el consumo del inversor (CI): 30 W (según especificaciones) x 24 horas.

$$\text{carga total} = \text{CTPV} + \text{CI} + \text{Comp} = 5000 \text{ Wh/día} + (30 \text{ W} \times 24 \text{ H}) + (35\%)$$

$$\text{carga total} = 7722,00 \text{ Wh/día}$$

$$\text{paneles} = \text{CT} / \text{W} = 7722,00 \text{ Wh/día} / 450 \text{ Wh/día} = 17 \text{ paneles.}$$

$$\text{AH/día} = \text{carga total} / 12 \text{ A} = 578 \text{ A}$$

$$\text{número de baterías} = (\text{AH/día}) / (120 \times 2) = 11 \text{ baterías.}$$

El tercer cálculo se realizó tomando a consideración el siguiente equipo fotovoltaico:

- 17 paneles fotovoltaicos policristalino 155 Wp/24 V; voltaje max. Voc* 44 V +/-0,5 V; voltaje MPP Vmpp*35,5 V +/-0,5V; corriente max. Isc* 4,76 A +/-0,1A corriente MPP Imp* 4,37 A +/-0,1 A; medidas (mm) 1190x992x35.
- 11 baterías ultracell gel de ciclo profundo, batería para SFVs con un altísimo rendimiento de 2400 ciclos a 30% DOD! vida de diseño Float: 15 años, potencia a 12 VDC 120 Ah @ C 10 h.
- 1 controlador Morningstar ProStar 15, controlador de carga sofisticado incluye tres indicadores del estado de batería y sensor de temperatura, LVD desconexión automática de la carga cuando la batería está agotada.
- 1 inversor, características: 24 VDC, 2000 W, 110 VAC / 60 HZ, inversor de sinodal pura muy robusto con recarga de baterías a través de la red, ideal para instalaciones fijas en casas con un fuerte consumo eléctrico y para arrancar grandes refrigeradoras, autoconsumo aproximado de 30 W.
- Accesorios, conductores y estructuras.

Este tercer cálculo de sistema fotovoltaico genera 7722,00 Wh/día con una intensidad de 661,00 Ah/día con voltaje de 120 V.

Dentro de estos tres cálculos el resultado más conveniente por su eficiencia técnica es el segundo cálculo que alimentará a una vivienda tipo de la parroquia San Plácido, la

potencia que genera este sistema fotovoltaico cubre la demanda energética de la vivienda tipo horas picos, mientras que el primer cálculo no cubre la demanda de la vivienda tipo en horas picos y el tercer cálculo sobre pasa la demanda de la vivienda tipo en horas picos, resultando una pérdida de energía en generación. Vale agregar la diferencia de costos entre el segundo y tercer cálculo la diferencia es de 1086,40 dólares, resultando más económico que el tercer cálculo y en relación a generación entre el primer y segundo cálculo la diferencia es de 686,40 Wh/día, resultando mejor capacidad de generación que el primer cálculo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de los cálculos de los sistemas fotovoltaicos.

cálculos	costo en USD	potencia generada en Wh/día	amperaje generado Ah/día	voltaje generado V
primer	10.203,20	6.177,60	504,50	120,00
segundo	11.289,60	6.864,00	578,00	120,00
tercer	12.376,00	7.720,00	661,00	120,00

Se debe considerar que este sistema fotovoltaico solo necesita tres horas de presencia del sol para completar su carga, la misma que requiere de 155 Wp por 3 horas en un día.

En la figura 1, se puede apreciar el esquema de conexión del sistema fotovoltaico que cubrirá la demanda energética para una vivienda tipo del área de estudio.

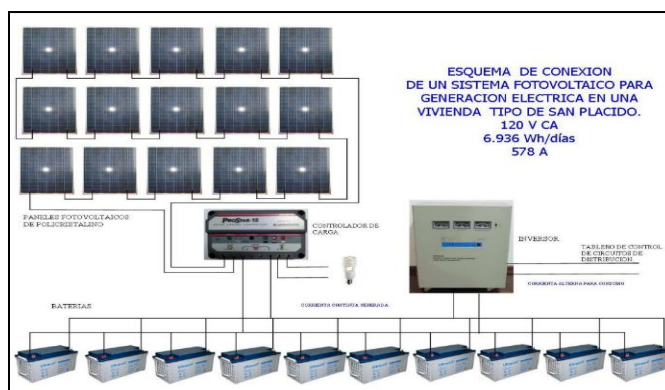


Figura 1. Esquema de conexión del sistema fotovoltaico para una vivienda tipo.

CONCLUSIONES

- a. Se logró identificar el consumo promedio de la vivienda tipo, siendo este de 5000 W, potencia a plena carga, es decir todos los aparatos usados al mismo tiempo, se puede considerar que esta dentro de los parámetros normales para comunidades de similares características.
- b. La heliofanía que se presenta en esta comunidad está considerada entre los rangos aceptables para poder instalar el sistema fotovoltaico.
- c. El segundo cálculo es el más apropiado desde el punto de vista de factibilidad técnica y su potencia generada.

LITERATURA CITADA

- CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) 2013. Consumo eléctrico, mediciones y cálculos. Consultado el 14 de Septiembre de 2014. Formato PDF. Disponible en: <http://www.cnel.gob.ec/servicios/gestion-de-consultas.html>
- CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) 2008. Atlas solar en el Ecuador con fines de generación de energía eléctrica. Formato PDF. Consultado el 21 de enero del 2013. Disponible en: http://www.conelec.gob.ec/archivos_articulo/Atlas.pdf.
- CONELEC (Consejo Nacional de Electricidad) 2010. Generación eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos para Ecuador. Consultado el 1 de febrero del 2014. Disponible en: <http://www.conelec.gob.ec/normativa.php?categ=1&subcateg=3>
- Constitución del Ecuador 2008. Constitución Política Del Ecuador. Formato PDF. Consultado el 21 de enero del 2013. Disponible en: <http://biblioteca.espe.edu.ec/upload/2008.pdf>.
- Guevara, S. 2010. Estimación de la radiación solar centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias ambientales. Revista Organización Mundial de la Salud. Lima. Vol. 3. No. 89. p 2 - 89.

INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) 2010. Población del cantón Portoviejo. Consultado el 21 de enero del 2013. Disponible en: <http://www.inec.gob.ec/home/>

OMS (Organización Mundial de la Salud), 2014. Calidad del aire (exterior) y salud. Consultado el 10 de Septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.who.int/research/es/>

Ramos, A. 2009. Tamaño óptimo de la muestra. Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda". Caracas, VE. p 6.