

POTENCIAL SOLAR DE LA CIUDAD PARA EL EMPLEO DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN LAS RESIDENCIAS DE AREQUIPA 2018

Augusto Emilio Cáceres Núñez^{1,2}, Fernando David Siles Nates^{1,2},
Mario José Valencia Salas^{1,2}

(1) Universidad Católica de Santa María

(2) Escuela de Ingeniería Mecánica, Mecánica-Eléctrica y Mecatrónica

RESUMEN: El presente trabajo pretende explicar la riqueza natural del potencial solar de la ciudad de Arequipa (radiación promedio mensual, variabilidad), como fuente energética en el uso sustentable para las viviendas, el uso alternativo de energía es una tendencia cada vez más predominante, especialmente para eliminar la sobreexplotación de recursos naturales como carbón, y el petróleo. Arequipa por su posición geográfica tiene un gran potencial solar durante todo el año con un rendimiento promedio anual de radiación de entre 4.5 y 7.5 kWh/m² de energía incidente diaria; pero con mayor incidencia entre los meses de noviembre a febrero, lo que avizora un panorama de ventaja comparativa, y como consecuencia es propicia aprovechar la implementación de tecnología limpia de generación de energía eléctrica a través de la energía fotovoltaica, la misma que es una fuente permanente y sostenible en el tiempo. En la actualidad las familias arequipeñas vienen consumiendo energía convencional derivada de la hidroeléctrica y los hidrocarburos, pero debe ser política aprovechable y ventaja competitiva aprovechar el potencial en el ámbito de las energías renovables, que se promueva el uso de la energía fotovoltaica aprovechando sus características, lo que traerá incidencias económicas como es el costo precio de consumo por familia que según EGASA su precio de venta promedio es S/ 0.5131 por kWh. Sin embargo el precio promedio de venta de energía renovable S/ 0.1932 por kWh, encontrando diferencia significativa, en el caso de energía fotovoltaica su precio oscila entre S/ 0.32 y S/ 0.85 por kWh con tendencia a disminuir, lo que se convierte una gran alternativa. Para el uso de una vivienda de una familia promedio de 5 personas se requiere implementación para energía fotovoltaica de seis módulos de 250 Wp solares con un costo promedio actual del Kit completo de S/ 12,500 con una vida útil entre los 20 y 30 años con un rendimiento de 7 kWh al día en invierno y 10 kWh en verano, lo que resulta altamente rentable con un recuperado al año 7 para la familia promedio

Palabras Clave: Energía solar Fotovoltaica, Brillo Solar, Energía convencional, Energía Renovable.

ABSTRACT: The present work tries to explain the natural wealth of the solar potential of the city of Arequipa (average monthly radiation, variability), as an energy source in the sustainable use for the houses, the alternative use of energy is an increasingly predominant tendency, especially for eliminate overexploitation of natural resources such as coal, and oil. Arequipa due to its geographical position has great solar potential throughout the year with an average annual radiation yield of between 4.5 and 7.5 kWh / m² of daily incident energy; but with greater incidence between the months of November to February, What envisages a panorama of comparative advantage, and as a consequence it is propitious to take advantage of the implementation of clean technology of generation of electrical energy through photovoltaic energy, the same that is a source permanent and sustainable over time. At present the Arequipa families are consuming conventional energy derived from hydroelectric and hydrocarbons, but it should be profitable policy and competitive advantage to take advantage of the potential in the field of renewable energies, to promote the use of photovoltaic energy taking advantage of its characteristics, what will bring economic incidences such as the cost of consumption price per family according to EGASA, its average sale price is S/ 0.5131 per kWh. However, the average sale price of renewable energy S/ 0.1932 per kWh, finding significant difference, in the case of photovoltaic energy its price ranges between S/ 0.32 and S/ 0.85 per kWh with a tendency to decrease, which becomes a great alternative. For the use of a house of an average family of 5 people it is required to implement photovoltaic energy of six modules of 250 Wp solar with a current average cost of the complete kit of S/ 12,500 with a useful life between 20 and 30 years with a performance of 7 kWh per day in winter and 10 kWh in summer, which is highly profitable with a recovery at year 7 for the average family

Keywords: Photovoltaic solar energy, solar brightness, Conventional energy, Renewable energy.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos el hombre ha utilizado la energía para suplir parte de sus necesidades, en una primera instancia la energía la proporcionó la naturaleza en forma de biomasa, posterior a ello con el inicio de la revolución industrial en el Siglo XVIII se dio la utilización de las máquinas y mecanismos y con ello el manejo de energías fósiles, el uso del carbón.

Uno de los problemas que está alterando el estado de la

ecología es la contaminación del medio ambiente generada por el uso de energía convencional, en vista de esta problemática, surge una alternativa de solución que hoy en día resulta útil no solo a nivel doméstico sino también para la industria, es el caso del uso de las energías renovables limpias y prácticamente ilimitadas. Lo característico de esta tipología de energía es que las repercusiones o consecuencias que originan al medio ambiente son menores en comparación con la energía generada convencionalmente.

Dentro de las energías limpias destacamos la energía proveniente del sol o también denominada energía solar o energía solar fotovoltaica. El Sol es la estrella de nuestro sistema planetario, la cual irradia energía al espacio y una parte muy minúscula llega a nuestro planeta tierra, sin embargo, su magnitud representa diez mil veces nuestro consumo.

Correspondencia:

Cáceres Núñez, Augusto Emilio
Universidad Católica de Santa María, Arequipa-Perú
E-mail:

La electricidad en la vida de los hogares se constituye una necesidad de sobrevivencia para el desarrollo económico y social de las personas, en el caso de Arequipa en la actualidad se viene aprovechando la presencia de la cuenca hidrográfica del río chili; condición que se ha aprovechado para la generación de energía convencional, a través de seis plantas denominadas Charcani; siendo en la actualidad generadora de mayor impacto del medio ambiente.

El objetivo del presente estudio es considerar el estado actual de la producción, consumo de la energía convencional y las diferencia de producción y consumo de energía solar fotovoltaica; para ello se realizó una revisión de fuentes de investigación relacionadas al tema como journals, tesis y libros, así mismo fue realizado un análisis técnico y estadístico por medio del cual se verificó las condiciones climáticas y demográficas del lugar, y de esta manera se constató la necesidad en cuanto al acceso al uso de la energía y la ventaja que presenta para cumplir este propósito. La investigación a su vez permitió realizar los cálculos para lograr la implementación de un sistema solar fotovoltaico piloto para una vivienda de un promedio poblacional de cinco personas.

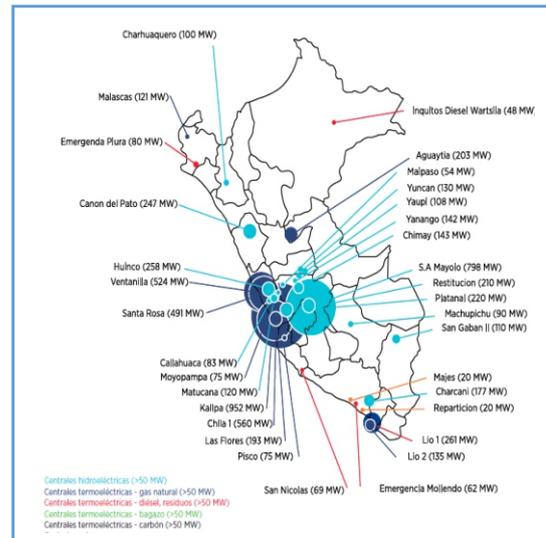


Fig. 2. Capacidad de generación de electricidad por fuentes.

Fuente: IRENA: Perú Evaluación del Estado de Preparación de las Energías Renovables (2014)
 Autor: Ministerio de Energía y Minas

DISCUSIÓN

1. Generalidades de la investigación

La potencialidad de la riqueza natural de Arequipa se evidencia por su radiación solar, donde la producción de energía solar alcanza un promedio de 7.5 kW.h/m² en los meses comprendidos entre noviembre y febrero, siendo esa considerada alta, y un promedio de 4.5 kW.h/m² entre los meses de marzo a octubre, la siguiente figura muestra el mapa de energía solar incidente diaria en Arequipa:

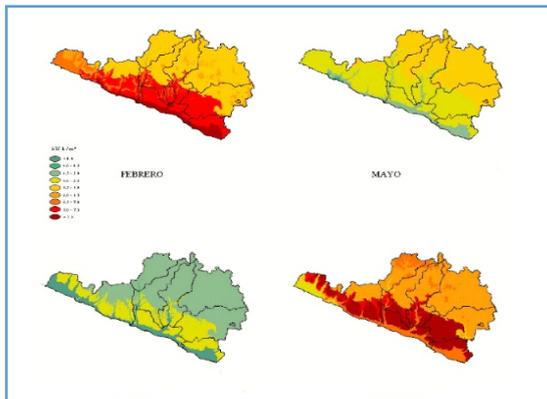


Fig. 1. Energía Solar Incidente Diaria Promedio Anual

Fuente: Atlas de la Energía Solar en el Perú (2003).
 Autor: Senamhi.

La Región Arequipa en la actualidad cuenta con dos centrales solares ubicadas en Majes y el Distrito de la Joya, a continuación, se presenta el mapa de capacidad de generación de electricidad existente por fuentes, así tenemos:

Como se puede ver, la central Solar de Majes proporciona un promedio de 20 MW, de igual manera su similar la Central Solar de Repartición ubicada en el Distrito de La Joya proporciona un promedio de 20 MW de igual manera.

2. Energía Solar Fotovoltaica en el Perú y Arequipa

El uso de la energía eléctrica constituye uno de los factores importantes para poder alcanzar el desarrollo y la calidad de vida de la sociedad.

El crecimiento poblacional en el Perú en la actualidad se ha incrementado de 25 habitantes km² a 80.1 habitantes km² evidenciando una gran diferencia significativa, de ello se deduce una mayor demanda de los servicios básicos como son el agua, electricidad, etc. Se muestra en la siguiente figura este cambio poblacional:

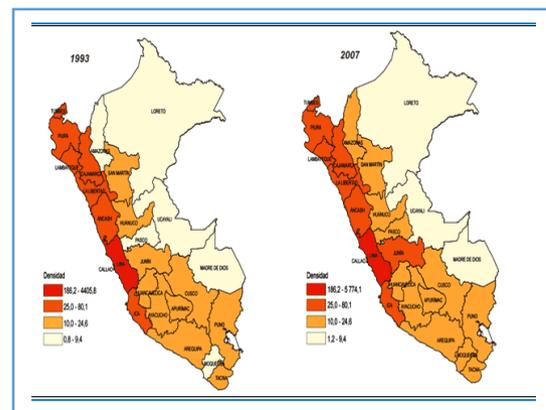


Fig. 3. Densidad poblacional por departamento en el Perú (hab/Km²)

Fuente: Informe sobre los Censos Nacionales de Población y Vivienda (2010).
 Autor: INEI

Según las estadísticas del I.N.E.I. muestran que en el año 2007 existía un porcentaje del 24.8 % de hogares que no tenían acceso al alumbrado eléctrico, así mismo en la Región Arequipa este porcentaje alcanzaba el 14.8 %, en la siguiente tabla se puede observar las cifras citadas:

Tabla 1. Población y hogares sin acceso a servicios básicos, según departamento, provincia y distrito (2007).

Autor: INEI.

PERÚ: POBLACIÓN Y HOGARES SIN ACCESO A SERVICIOS BÁSICOS, SEGÚN DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y DISTRITO, 2007							
Ubigeo	Departamento, provincia y distrito	Porcentaje de Hogares sin acceso a Servicios			Porcentaje de la población en hogares sin acceso		
		Sin agua ³	Sin desague ³	Sin alumbrado ⁴	Sin agua ³	Sin desague ³	Sin alumbrado ⁴
00000	PERÚ	31.4	39.5	24.8	30.9	38.9	23.9

3. Recursos energéticos en el Perú y Arequipa

Para verificar la existencia de los recursos energéticos solares presentes en el Perú y la Región de Arequipa a continuación recurrimos al Atlas de la energía solar del Perú:



Fig. 4. Mapa de la energía solar en el Perú (2017).

Fuente: Mapa Solar del Perú-Senamhi.
 Autor: SENAMHI

La energía eléctrica convencional en Arequipa, en el presente quinquenio según EGASA su precio promedio es de S/0.5131 por Kw.h. Demostrando que este precio guarda una diferencia significativa sobre los precios de la energía fotovoltaica que su precio promedio según el mercado oscila entre 0.32 y 0.85 kW.h. Lo que demuestra que la energía solar fotovoltaica se convierte en alternativa de mediano y largo plazo con mayor ventaja comparativa y competitiva en el mercado.

La investigación presenta propuesta para la implementación de energía fotovoltaica de una vivienda típica de una composición de 5 miembros del hogar. En cuanto al acceso a la energía eléctrica en la Región Arequipa será, importante analizar en primer lugar la potencia instalada y la producción de energía eléctrica en

nuestro país, para verificar este propósito recurrimos a la siguiente Tabla:

Tabla 2. Indicadores del sector eléctrico.

Fuente: Reporte Semestral de Monitoreo del Mercado Eléctrico (2016).
 Autor: OSINERGMIN

Variables	Detalles	Unidades	2014	2015	2016-I
Cobertura	Cobertura ¹	%	92	93.3	n.d.
	NP Clientes	Miles	6,438.91	6,745.87	68,338
	Ventas de Energía	GWh	37,253	39,758	21,555
	Facturación	Millones S/.	11,028	12,973	7,243
	Máxima Demanda SEIN	MW	5,737	6,331	6,450
	Potencia Instalada Efectiva	MW	7,825	8,490	9,275
	Participación Gas Natural	% (Capacidad)	37.66	55.40	51.92
	% (Producción)	48.17	47.33	57.25	

Como se verifica, hasta el año 2015 se tenía en el Perú una potencia instalada a nivel nacional de 8490 MW lo que a diferencia del año 2014 la cual fue de 78 335 MW, demostrándose así un incremento de aproximadamente del 8%. Las estadísticas demuestran el crecimiento de la demanda de este recurso en función del tiempo y el crecimiento demográfico. De igual forma, la siguiente tabla estadística muestra la potencia instalada y efectiva para la Región Arequipa:

Tabla 3. Potencia eléctrica instalada.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2016).
 Autor: CCIA-Dpto. de Estudios Económicos.

Origen	Nacional	Arequipa	Participación en Arequipa (1)	Participación de Arequipa sobre Perú (2)
Hidráulica	4,151.8	200.1	47.4%	4.8%
Térmica	7,701.0	181.7	43.1%	2.4%
Solar	96.0	40.0	9.5%	41.7%
Eólica	239.8	0.0	0.0%	0.0%
TOTAL	12,188.6	421.8	100.0%	3.5%

Tabla 4. Potencia eléctrica efectiva.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (2016).
 Autor: CCIA-Dpto. de Estudios Económicos.

Origen	Nacional	Arequipa	Participación en Arequipa (1)	Participación de Arequipa sobre Perú (2)
Hidráulica	4,019.8	193.5	50.7%	4.8%
Térmica	6,874.8	148.1	38.8%	2.2%
Solar	96.0	40.0	10.5%	41.7%
Eólica	239.8	0.0	0.0%	0.0%
TOTAL	11,230.4	381.6	100.0%	3.4%

Según el informe de coyuntura sobre el potencial energético de Arequipa propuesto por la cámara de comercio de Arequipa (2016) sostiene que: "La potencia eléctrica, es la cantidad de energía que puede ser entregada o distribuida a un sistema en una unidad de tiempo.

Ella indica la capacidad de energía que puede ser entregada cada segundo para su consumo a los sistemas eléctricos de igual forma define a la Potencia Instalada como: "**La capacidad de energía que puede generar y entregar una central eléctrica en condiciones ideales.**" Y finalmente sostiene que la Potencia Efectiva es: "**la capacidad real de energía que las centrales pueden entregar de forma continua al mercado eléctrico. Este valor depende de la capacidad de las turbinas, la ubicación central, entre otros factores.**"(pág.5-8)

Como se muestra en la Tabla III, la potencia instalada total en la Región Arequipa fue de 421.8 Mega Vatios (MW) siendo la de mayor incidencia la potencia de origen hidráulico la que representa el 47.4 %, la potencia térmica alcanza el 43.1 % y para el caso de la energía solar , alcanza el 9.5 %. Si se realiza un contraste con la cifra nacional en cuanto a la potencia instalada la cual alcanza un promedio de 12188.6 Mega Vatios (MW), la Potencia Instalada en Arequipa representa aproximadamente el 3.5 % del total. De manera similar en la Tabla IV, se muestra las cifras porcentuales referidas a la Potencia Eléctrica Efectiva la cual alcanza los 381.6 MW, los que a su vez se distribuyen en 50.7 % a la Energía Hidráulica, el 38.8 % a la térmica y el 10.5 % Solar.

Al realizar un análisis de las cifras anteriormente citadas, se deduce que la Región Arequipa representa un gran referente en cuanto a consumo y uso de la energía en el Perú, así mismo vemos también que existe una predominancia en cuando al consumo de energía proveniente de la fuentes hidráulicas y térmicas. Sin embargo, la energía solar posee cifras significativas dentro de las estadísticas. Según un estudio realizado por la cámara de comercio e industria de Arequipa afirma que la potencia instalada generada por fuente solar solo en Arequipa representa el 41.7 % del total nacional.

En el reporte semestral de monitoreo del mercado eléctrico del Perú (2016) elaborado por el organismo supervisor de la inversión en energía y minería (Osinermin) se pudo constatar que para el Mes de Junio del año 2016 las ventas en electricidad en Lima representan en 46.82 % de las ventas totales en el Perú y en el caso de Arequipa representó el 11.37 %, cifra considerada alta debido a la existencia de explotaciones mineras importantes.

4. Principios Básicos

4.1 El Sol como fuente de Energía

El Sol considerada una estrella de segunda magnitud, es la más próxima a la Tierra con un radio de aproximadamente de 700.000 Km y una masa aproximada de 2×10^{30} , cuya comparación con la tierra es de aproximadamente 330 000 veces.

La fuente de la energía del sol proviene de su núcleo, ello debido a los altos niveles de presión y temperatura, lo que a su vez da lugar a las reacciones de fisión nuclear. Estudios demuestra que la temperatura de la superficie solar llega aproximadamente a los 6000 °C en un ciclo normal de trabajo.

4.2. La Radiación Solar.

Según Varo (2006) en su tesis titulada "Modelización de la Radiación Ultravioleta Solar" sostiene que: "la radiación solar es la energía aportada a la superficie terrestre en forma de radiación electromagnética procedente del Sol." (pág.7).

Por su parte Sánchez (2017) sostiene que: "La radiación solar incide sobre la superficie de la Tierra luego de atravesar la atmosfera en la que se debilita por efecto de reflexión, difusión y absorción de la materia atmosférica." (pág.17).

Según como se dé la llegada de la Luz a la superficie terrestre la Radiación Solar puede clasificarse de la siguiente forma:

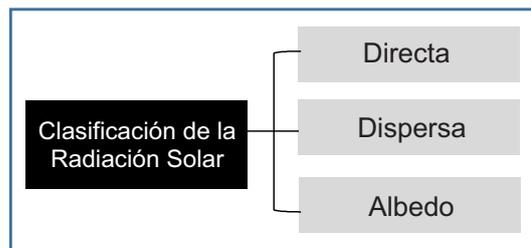


Fig. 5. Clasificación de la radiación solar.

Fuente: Propia
Autor: Propio

La radiación solar directa es la que incide sobre cualquier superficie con un ángulo único y de alta precisión. La radiación solar dispersa es producida por la desviación de la energía proveniente de la radiación solar a causa de los gases y partículas de la atmósfera.

El albedo es la fracción de la radiación reflejada por la superficie de la tierra, es completamente variable respecto al lugar donde incida.

Finalmente, cuando la radiación incide sobre una determinada superficie, se establece una sumatoria en función de la radiación directa, difusa y de albedo, tal como se puede ver en la siguiente ecuación:

$$I_{Total} = I_{Directa} + I_{Difusa} + I_{Albedo}$$

Fig. 6. Ecuación para determinar el valor de la radiación total.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica.
Autor: Miguel Sánchez

4.3. El Efecto Fotoeléctrico

López, Porro, Torrónategui y Echevarría (2004) sostienen que: "El Efecto Fotoeléctrico consiste en la formación y liberación de partículas eléctricamente cargadas la que se produce en la materia cuando es irradiada por luz u otra radiación Electromagnética." (pág.12)

El Efecto Fotoeléctrico fue analizado en primera instancia por Max Plank mediante el planteamiento de una hipótesis acerca de la emisión y absorción de la luz por medio de los "Cuantos" deduciendo la siguiente ecuación:

$$(\epsilon_0 = h\nu)$$

Fig. 7. Ecuación para determinar la energía del fotón.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica.
Autor: Miguel Sánchez.

Donde:

- ϵ : Energía en Fotones
- h : Constante de Plank equivalente a 6.625×10^{-34}
- ν : Frecuencia a la que oscilan los fotones o la frecuencia de las Ondas de Luz.

Sin embargo, la hipótesis propuesta por Plank solamente consideraba las propiedades cuánticas de la luz para su absorción y la emisión. Por su parte Einstein propuso una Teoría más profunda sobre la propagación de la luz, la cual se comporta como un conjunto de partículas cuyas energías se determinan en función de los cuantos de Plank.

Posterior a los avances en este campo de la Ciencia, en 1887 el científico Henry Hertz realizó un importante descubrimiento, cual consistió en realizar la iluminación con luz ultravioleta sobre un electrodo negativo el cual estaría sometido a una tensión, al realizar dicho experimento, se produjo un arco eléctrico entre los electrodos. El fenómeno al ser analizado con mayor detalle dio como resultado que al iluminar con luz ultravioleta el cuerpo cargado negativamente este pierde parte de su carga. Por el contrario, si se ilumina un cuerpo cargado positivamente no pierde la carga asignada y finalmente si este efecto pasa en un cuerpo neutro este es cargado positivamente.

La siguiente figura muestra el comportamiento del Efecto Fotoeléctrico:

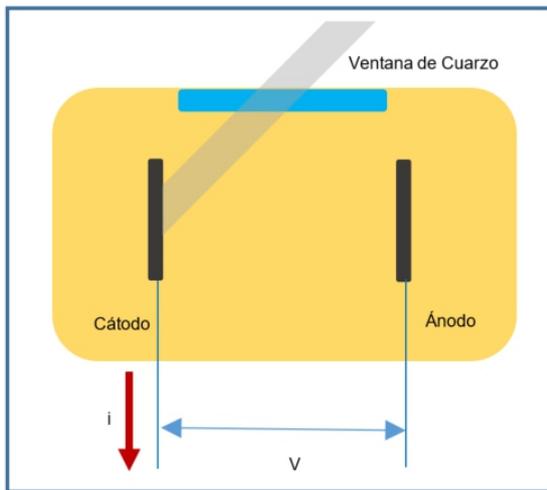


Fig. 8. Experimento que estudia el Efecto Fotoeléctrico.

Fuente: Introducción a la Mecánica Cuántica (2003).
 Autor: Julio Gratton

El Dispositivo mostrado se encuentra bajo vacío, el voltaje "V", entre el cátodo y el ánodo puede variarse de manera continua y así efectuar la medición de la corriente "i".

Los electrones que son desprendidos del cátodo son sometidos al potencial proveniente del ánodo cerrando el circuito. El efecto fotoeléctrico depende de la situación y estado de la superficie del cátodo y de la acción del gas si este existe en el espacio entre el ánodo y el cátodo.

5. Componentes del sistema fotovoltaico

El siguiente mapa conceptual muestra los componentes de un sistema fotovoltaico:

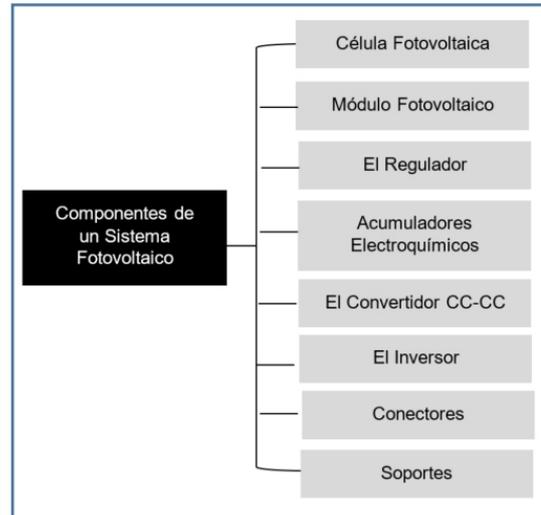


Fig. 9. Componente de un sistema fotovoltaico.

Fuente: Propia
 Autor: Propio

Como se puede apreciar, la célula fotovoltaica es la unidad básica y elemento primordial de todo sistema fotovoltaico, posee la capacidad de generar energía eléctrica a partir de la radiación solar. El principio de funcionamiento está basado en el efecto fotoeléctrico el cual afirma la capacidad de los semiconductores como el silicio de producir energía eléctrica cuando son expuestos a la radiación del Sol. Para poder ampliar el concepto y las aplicaciones de las células solares, a continuación, se presenta un mapa conceptual el cual presenta la clasificación de las células solares, así tenemos:

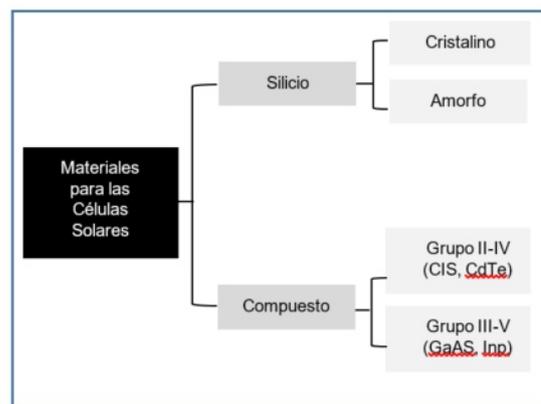


Fig. 10. Clasificación de las células solares.

Fuente: Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica (2009).
 Autor: CENSOLAR

Así mismo la siguiente imagen muestra en detalle la estructura de una célula de sustrato de silicio cristalino, así tenemos:

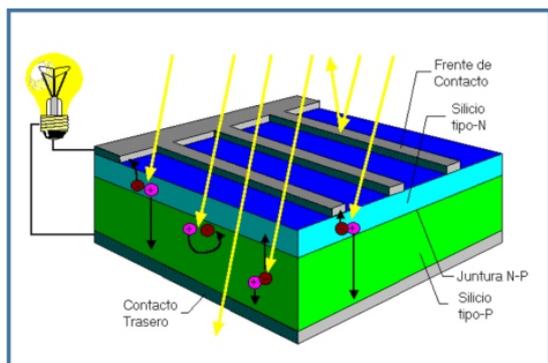


Fig. 11. Estructura de una célula solar de sustrato de silicio.

Fuente: Curso de Experto Profesional en Energía Fotovoltaica (2009).
 Autor: CENSOLAR

Como segundo elemento tenemos al módulo solar o también denominado panel solar, la función principal de este componente es la de captar la energía solar para la generación de energía eléctrica. Los paneles solares son montados en marcos rígidos y adecuados. La construcción de los paneles solares se da en primer lugar uniendo en paralelo varios conjuntos de células solares las cuales se encuentran conectadas en serie unas con otras.

La siguiente figura muestra la estructura de un panel solar fotovoltaico, así tenemos:

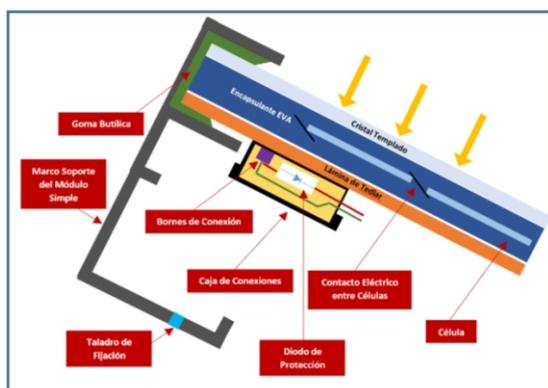


Fig. 12. Componentes de un panel solar fotovoltaico.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza

El regulador de carga por su parte es un dispositivo que tiene la función de carga de la Batería del Sistema Fotovoltaico, evitando por sobre todo la sobrecarga de la batería defecto que podría ocasionar problemas catastróficos a largo plazo.

El regulador de carga normalmente representa entre un 5 % y 10% del costo total del sistema fotovoltaico, la configuración del mismo debe estar en función del tipo de batería, aplicaciones y condiciones climáticas, en muchos de los casos los reguladores proporcionan información al usuario sobre el estado del sistema y de la batería.

La siguiente figura muestra la estructura de un regulador de carga para sistemas fotovoltaicos:

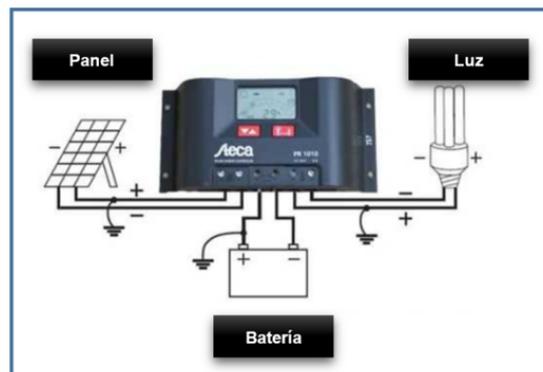


Fig. 13. Componentes de un panel solar fotovoltaico.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza

Los acumuladores electroquímicos por su parte son dispositivos capaces de realizar el almacenamiento y la entrega de carga eléctrica que interviene en las reacciones electroquímicas las que tienen lugar durante su funcionamiento, manteniendo de esta forma una diferencia de potencial constante entre sus terminales. Los acumuladores deben cumplir las siguientes condiciones:

- Aceptar todas las corrientes de carga que suministre el panel solar
- Mantenimiento nulo o mínimo
- Fácil transporte e instalación.
- Baja auto descarga
- Rendimiento elevado
- Vida útil prolongadas

Los que se usan con mayor frecuencia en los sistemas fotovoltaicos son los acumuladores de plomo-ácido (llegando a un 90% de uso en el mercado), debido a su alto grado de adaptabilidad con cualquier tipo de corriente de carga. Este tipo de Acumulador está constituido por dos electrodos (el ánodo es de dióxido de plomo y el cátodo de plomo metálico) inmersos en un electrolito de ácido sulfúrico el cual se encuentra diluido en agua. Cabe resaltar que el electrolito puede estar sumergido en líquido o en gel.

La siguiente figura ilustra los componentes básicos de una batería solar de Pb-Ácido:

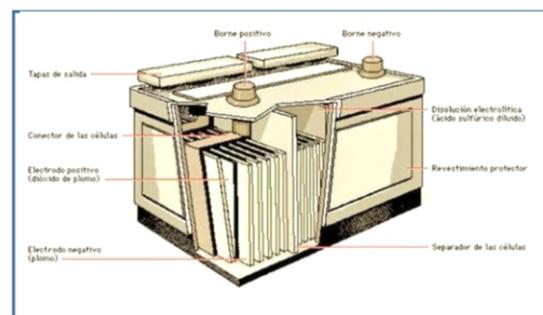


Fig. 14. Componentes de un panel solar fotovoltaico.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza

Por su parte los convertidores son elementos que tienen la capacidad de adaptar las características de la corriente la cual es generada por un sistema fv a la demanda de las aplicaciones. En muchos casos y en especial las aplicaciones que trabajan con corriente continua no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por la batería (acumulador) con la demanda que presentan todos los elementos de consumo, para ello resulta optimo hacer uso de un convertidor de tensión de cc/dc. Un convertidor cc/dc posee la capacidad de transformar la corriente continua en corriente alterna por medio del uso de un inversor, una vez realizado el cambio el voltaje puede ser elevado o en su defecto reducido mediante un transformador hasta alcanzar el valor deseado.

La siguiente figura representa la esquematización de un convertidor c.c./d.c.

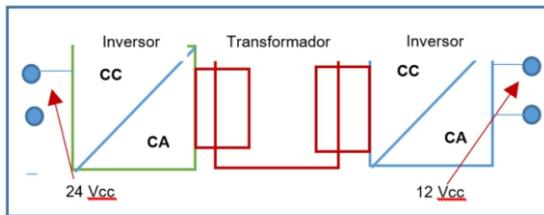


Fig. 15. Esquema de un convertidor CC/CC.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza

Por medio del uso de los convertidores c.c./d.c. se consigue lograr la descarga de la batería a una tensión estable la que favorecerá al perfecto funcionamiento del convertidor, el siguiente esquema muestra el lugar que corresponde para el convertidor c.c./d.c. en una instalación fotovoltaica, así tenemos:

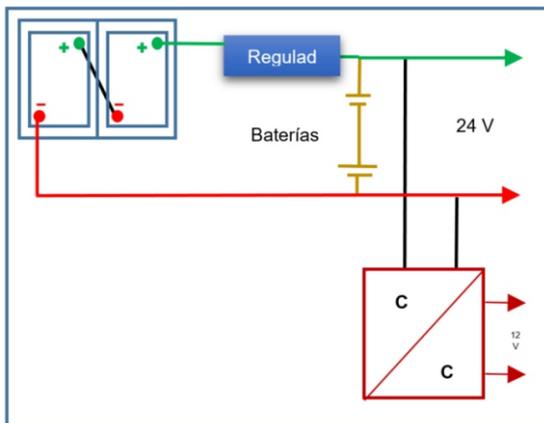


Fig. 16. Esquema de un convertidor CC/CC.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza

Los inversores por su parte son convertidores de c.c./d.c., los cuales tienen la capacidad de transformar la corriente continua en corriente alterna, permitiendo el uso de las máquinas y/o dispositivos convencionales que han sido diseñados para trabajar con este tipo de alimentación.

La siguiente figura esquematiza un convertidor c.c./d.c. o Inversor:

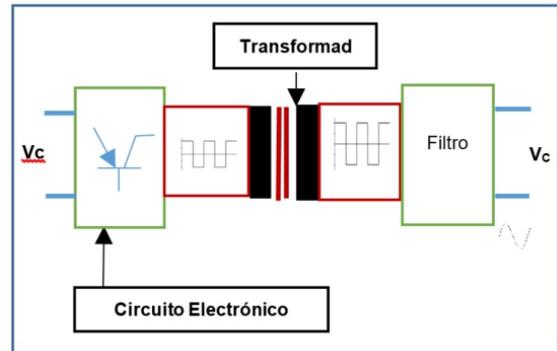


Fig. 17. Esquema de un Convertidor CC/CA.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza

Como se puede ver el inversor están constituido por un circuito conformado por transistores, los cuales tienen la capacidad de alterar la corriente continua de tal forma de generar una onda cuadrada. Posterior a ello la señal es introducida en un transformador, el cual se encarga de elevar la tensión para que posteriormente la señal sea filtrada y de esta manera obtener una forma de onda sinodal semejante a la proporcionada por la red eléctrica.

Los conectores (cables) permiten la circulación de la corriente total del sistema, además reducen las caídas de tensión y las elevadas temperaturas.

El proceso de selección debe ser de forma adecuada debido a que deben de soportar climas extremos como calor, precipitaciones fluviales, humedad, rayos ultravioletas, etc. Los conectores positivos y negativos deben estar correctamente señalizados además de estar protegidos en función a las normas establecidas. Las protecciones que se suelen utilizar en los sistemas fotovoltaicos son de gran ayuda para permitir que los elementos principales sufran daños catastróficos.

Entre los dispositivos de protección tenemos: fusibles, magnetotérmicos y los interruptores. El siguiente esquema muestra una forma de protección para los conductores utilizados en los circuitos eléctricos para sistemas solares fotovoltaicos, así tenemos:

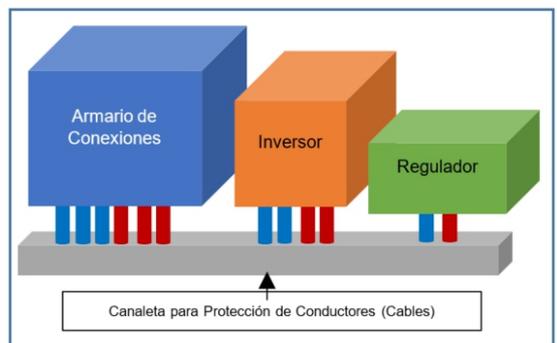


Fig. 18. Esquema de protección de conductores para sistemas fotovoltaicos.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
 Autor: Miguel Sánchez Maza.

RESULTADOS DEL ESTUDIO

1. Cálculos y Dimensionamiento Eléctrico

Para el desarrollo de la investigación fueron considerados los datos referidos al consumo de energía eléctrica promedio de una vivienda, tomando los siguientes valores como referencia:

Tabla 5. Consumo promedio de energía de artefactos electrodomésticos en una vivienda de nivel "D".

Fuente: Elaboración Propia.
Autor: Elaboración Propia.

N°	Artefactos Eléctricos que utilizan Normalmente	Potencia Eléctrica		Cantidad Artefactos	Horas de Consumo Diario (Hrs.)	Consumo diario (Wh/Día)	Días de Consumo al mes	Consumo Mensual (kWh)
		Watts	kW					
1	Fluorescente de 40 W	50	0.05	2	2	200	30	6.00
2	Foco de 50 W	50	0.05	1	5	250	30	7.50
3	Foco de 75 W	75	0.075	1	3	225	30	6.75
4	Foco de 100 W	100	0.1	1	5	500	30	15.00
5	Plancha eléctrica	1000	1.00	1	1	1000	4	4.00
6	TV de 20"	100	0.10	1	5	500	30	24.00
7	Radiograbadora	30	0.03	1	7	210	30	6.30
8	Refrigeradora	250	0.25	1	8	2000	30	60.00
DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA						4885		129.55

La tabla muestra una relación de ocho artefactos eléctricos que son utilizados con frecuencia además se indica factores referidos a la cantidad de artefactos, horas de consumo, consumo diario, días de consumo y el total de consumo al mes se verifica que la refrigeradora presenta un consumo diario de 2000 Wh/día siendo el artefacto con mayor uso de energía, siguiendo con el análisis se encuentra la plancha eléctrica la cual emplea aproximadamente 1000 Wh/día, seguido del foco de 100 W con un consumo de 500 Wh/Día.

La demanda total de energía en función al tipo y número de artefactos utilizados da un promedio de 4885 Wh/día y un consumo mensual de 129.55 kWh.

2. Cálculo número de paneles

Para determinar el número de paneles solares necesarios a instalar en la vivienda serán considerados los siguientes parámetros y valores respectivamente:

Tabla 6. Parámetros y valores considerados para el dimensionamiento del número de paneles solares.

Fuente: Elaboración Propia.
Autor: Elaboración Propia.

N°	Parámetro	Valor
1	Demanda Total	Characato
2	Hora Solar Pico (HSP)	4.2 kWh/m2.día
3	Eficiencia	80%
4	Eficiencia Panel	98%
5	Eficiencia Controlador	98%
6	Perdida de Temperatura	8%
7	Pérdida de Conducción	1%

Dado que los equipos son de 48 Vdc el voltaje del sistema es recomendable utilizar un sistema con reguladores M.P.P.T. (Seguidor de Punto de Máxima Potencia) los cuales permiten maximizar el rendimiento de los permitiendo de esta manera añadir paneles fotovoltaicos conectados en serie con voltajes superiores al del banco de baterías utilizado.

Como segundo paso se procede al cálculo de la Potencia Mínima requerida, de la siguiente manera:

$$Wp = \frac{4885 \text{ Wh/día}}{0.8 \times 4.2} = 1453.87 \text{ Wp}$$

El siguiente paso considerado para este cálculo es determinar el número de módulos a emplear, por lo tanto tomando en cuenta esta relación se plantean dos opciones: la primera de ellas se considera una potencia de módulo de 200 Wp, y la segunda se considera una potencia de módulo de 250 Wp. Tomando en cuenta dichas consideraciones, se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\# \text{Módulos de } 200\text{Wp} = \frac{1453.87 \text{ Wp}}{200 \text{ Wp}}$$

$$\# \text{Módulos de } 200\text{Wp} = 7.27 \approx 8 \text{ Módulos}$$

Como se puede apreciar según los cálculos efectuados, si se seleccionan módulos de 200 Wp. tomando en cuenta la potencia mínima requerida de 1453.87 Wp, se requerirán ocho módulos.

Por otro lado, si son seleccionados módulos de 250 Wp. se tendrán los siguientes resultados:

$$\# \text{Módulos de } 250\text{Wp} = \frac{1453.87 \text{ Wp}}{250 \text{ Wp}}$$

$$\text{Módulos de } 250\text{Wp} = 5.82 \approx 6 \text{ Módulos}$$

Para este caso la selección de módulos de 250 Wp, considerando una potencia mínima requerida de 1453.87 Wp. permitirán el uso de seis módulos para la implementación del Sistema.

En contraste con la primera opción se verifica que, al incrementar la potencia de selección del módulo, se reduce el número de módulos a utilizar, por lo tanto, es una relación inversamente proporcional.

Otro aspecto importante a considerar es el análisis de los costos que representan ambas opciones, la facilidad de conexión y el controlador M.P.P.T. a emplear.

La siguiente figura muestra en detalle las características de los módulos para la selección:

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)			
Module name			JS 200
Module type			YL200P-35b 3/4
Power output	P _{max}	W	200
Power output tolerances	ΔP _{max}	%	+/- 5
Module efficiency	η _l	%	13.5
Voltage at P _{max}	V _{mp}	V	34.8
Current at P _{max}	I _{mp}	A	5.74
Open-circuit voltage	V _{oc}	V	43.9
Short-circuit current	I _{sc}	A	6.11

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos en condiciones de prueba estándar (STC)					
Tipo de módulo			YLxxxP-29b (xxx=P _{max})		
Potencia de salida	P _{max}	W	270	265	260
Tolerancia de potencia de salida	P _{max}	W	0/+ 5		
Eficiencia del módulo	η _l	%	16.6	16.3	16.0
Tensión en P _{max}	V _{mp}	V	30.7	30.5	30.3
Intensidad en P _{max}	I _{mp}	A	8.80	8.70	8.59
Tensión en circuito abierto	V _{oc}	V	37.9	37.8	37.7
Intensidad en cortocircuito	I _{sc}	A	9.27	9.18	9.09

STC: 1000 W/m² de irradiancia, 25°C de temperatura de célula, espectro AM 1.5g conforme a la EN 60904-3.
Reducción media de la eficiencia relativa de 3.3% a 200 W/m² según la EN 60904-1.

Tabla 7. Características eléctricas de los módulos solares JS 200 y JS 250.

Fuente: Ficha Técnica de los Módulos JS-200 y JS 250.
Autor: Gain Solar- Yingli Solar.

Par efectuar la selección del controlador, es necesario verificar si posee la capacidad de soportar los 8 módulos de 200Wp (1600Wp) ó en su defecto 6 módulos de 250Wp (2000Wp) a un voltaje del sistema de 48 Vdc, para ello se recurre a la selección de un fabricante que otorgue el componente adecuado para cumplir con este propósito y lograr alcanzar la eficiencia deseada en el sistema, así tenemos:

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 100/30	MPPT 100/50
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24V	
Corriente de carga nominal	30A	50A
Potencia FV nominal, 12V 1a,b)	440W	700W
Potencia FV nominal, 24V 1a,b)	880W	1400W
Tensión máxima del circuito abierto FV	100V	100V
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	35A	60A
Eficacia máxima	98%	98%
Autoconsumo	10 mA	

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/35
Tensión de la batería	Selección Automática 12 / 24 / 36 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)
Corriente de carga nominal	35 A
Potencia FV nominal 1a,b)	12V: 500W /24V: 1000W /36V: 1500W /48V: 2000W
Max. corriente de cortocircuito PV 2)	40 A
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo
Eficacia máxima	98 %
Autoconsumo	10 mA

Fig. 19. Datos de los controladores BlueSolar MPPT.

Fuente: Ficha Técnica de datos Controladores MPPT.
Autor: Victron Energy.

De la figura anterior podemos ver que apartir de los controladores 150/45 M.P.P.T. hasta 150/100 M.P.P.T. poseen una tolerancia mayor a los 1600W utilizando un banco de 48Vdc.

La selección del controlador se realiza considerando la inversión y si a largo plazo se desea incrementar la carga. (numero de paneles y baterías).

Para la presente investigación se seleccionará el controlador 150/45 M.P.P.T.

El arreglo del sistema requiere:

- a) Calcular el número de módulos en serie.
- b) Calcular el número de módulos en paralelo.

De esta forma se procede a efectuar el cálculo del número de módulos en serie :

$$\# \text{Módulos en serie } 200Wp = \frac{150}{43,9} = 3.41 \approx 3 \text{ Módulos}$$

Como se puede apreciar en el resultado anterior, fue considerado la utilización de módulos de 200 Wp. de potencia y mediante la conexión en serie se requerirán la utilización de tres módulos.

De manera consecuente se verifica el número de módulos conectados en serie requeridos para una potencia de 250 Wp por módulo, aplicando la misma ecuación se obtiene:

$$\text{Módulos en serie } 250Wp = \frac{150}{37,6} = 3.98 \approx 3 \text{ Módulos}$$

En función a la cifra obtenida, podemos verificar que de igual forma son requeridos 3 Módulos de 250 Wp conectados en serie, con lo que al contrastar con el resultado anterior, se comprueba que es conveniente aplicar la configuración de 3 módulos de 250 Wp. conectados en Serie para la finalidad requerida.

Por otra parte, para asegurar que la carga de las baterías sea óptima, el arreglo de paneles debe cumplir la siguiente condición:

$$V_{sis} + 4 V_{dc} < V_{dc} \text{ de Paneles}$$

Fig. 20. Relación de voltajes para garantizar la carga óptima de baterías.

Fuente: Energía Solar Fotovoltaica (2017).
Autor: Miguel Sánchez Maza.

Para garantizar la carga óptima de las Baterías en el Sistema, se requiere que la sumatoria del voltaje total del sistema (V_{sis}) y cuatro veces el voltaje de corriente continua (V_{dc}) deben ser menores que el voltaje de corriente continua de los paneles (V_{dc})

Para el caso del modulo de 200Wp el voltaje (V_{mp}) es de 34.8 V., es decir cumple con el requerimiento, así mismo el modulo de 250Wp tiene un Voltaje (V_{mp}) de 29.8 V., por lo tanto también cumpliría con el requerimiento dado.

De igual forma como se realizó el cálculo para el numero de módulos configurados en serie, se realiza el cálculo para el numero de módulos configurados en paralelo, obteniendo los siguientes resultados:

$$\# \text{Módulos en paralelo } 200Wp = \frac{45}{6,11} = 7.36 \approx 7$$

$$\# \text{Módulos en paralelo } 250Wp = \frac{45}{8,92} = 5.04 \approx 5$$

En este caso, podemos apreciar que el número de módulos de 200 wp conectados en paralelo alcanza la cifra de siete, mientras que esta se reduce a cinco para módulos de 250 Wp configurados de igual manera.

Para definir el arreglo es importante considerar la cantidad de Paneles a instalar y adecuarlos con una configuración lo mas optima posible. Es decir evaluar la corriente y perdida por conducción, conexionado y si a la largo plazo es necesario incrementar el número de paneles.

Para el caso de módulos de 200Wp, el controlador permite conectar hasta 3 módulos en serie y hasta 7 módulos en paralelo. De conectar solo 6 módulos en paralelo tendremos los siguientes resultados:

$$8 \times 6 = 48 \text{ Amperios}$$

$$34.8 \text{ Vdc} \times 1 = 34.8 \text{ Vdc}$$

De los resultados vistos anteriormente, para la configuración mostrada es posible transportar 48 Amperios a 34,8Vdc. En el caso del conector es seleccionado el tipo 10 AWG, el cual posee un porcentaje de perdidas de hasta el 3% para longitudes promedio de aproximadamente 4.5 metros respectivamente.

De conectarse 2 paneles en serie, se tendría que conectar 4 paneles en paralelo, así tenemos:

$$2 \text{ Módulos en Serie} \times 4 \text{ Módulos en paralelo} = 8 \text{ Módulos}$$

$$8 \times 4 = 32 \text{ Amperios}$$

$$34.8 \text{ Vdc} \times 2 = 69.6 \text{ Vdc}$$

De los resultados vistos se puede inferir que para dicha configuración del sistema, puede transportarse 32 Amperios a 69.6 Vdc. En el caso del conector es seleccionado el tipo 10 AWG , el cual posee un porcentaje de perdidas de hasta el 3% a una longitud promedio de 40 metros respectivamente.

Como segunda propuesta pueden ser conectados 4 paneles en serie y 2 en paralelo, teniendo los siguientes resultados :

$$4 \text{ Paneles en Serie} \times 2 \text{ Paneles en Paralelo} = 8 \text{ Modulos}$$

$$6 \times 2 = 12 \text{ Amperios}$$

$$34.8 \text{ Vdc} \times 4 = 139.2 \text{ Vdc}$$

De los resultados anteriormente mostrados, se puede inferir que para la configuración planteada, el sistema permite transportar 12 amperios a 139.2 Vdc. En el caso del conector es seleccionado el tipo 10 AWG, el cual posee un porcentaje de perdidas de hasta el 3% para longitudes promedio de hasta de 18 metros respectivamente.

En el caso de módulos de 250Wp podrán ser instalados 5 módulos en paralelo. Por lo que se efectúan los siguientes cálculos:

$$8.39 \times 5 = 41.95 \text{ Amperios} \approx 42 \text{ Amperios}$$

$$29.8 \text{ Vdc} \times 1 = 29.8 \text{ Vdc}$$

Según los resultados obtenidos , el sistema permite transportar 42 Amperios a 29.8Vdc. Para una perdida de 3% soporta hasta 3.27 metros con un Cable de 10AWG. De todas las opciones planteadas se debe elegir aquella que se adecue mas a la Instalación. Por lo tanto es mas recomendable instalar la mayor cantidad de módulos en serie como fuera posible.

Por otro lado es recomendable trabajar con los módulos de 200Wp conectando 4 módulos en serie y 2 en módulos en paralelo , permitiendo así tener una mejor eficiencia del sistema.

El voltaje del banco de baterías debe ser igual al voltaje del sistema. Este a su vez debe dimensionarse con la capacidad de soportar toda la demanda. Para la investigación propuesta serán considerados los siguientes datos :

Nº	Parámetro	Valor
1	Demanda Total	4885 Wh/día
2	Voltaje del Sistema	48 Vdc.
3	Eficiencia	95%
4	Profundidad de Descarga	50%

Fig. 21. Cuadro de parámetros necesarios para el cálculo de baterías.

Fuente: Elaboración Propia
 Autor: Elaboración Propia

Se procede a efectuar el cálculo de la capacidad mínima requerida del sistema:

$$\text{Capacidad Mínima (Ah)} = \frac{101.77 \frac{\text{Ah}}{\text{día}} \times 2 \text{ días}}{0.5 \times 0.95} = 428.51 \text{ Ah}$$

Por lo tanto, considerando el consumo de 101.77 Ah (Corriente de Descarga), una profundidad de descarga de 0.5 y una Eficiencia del 95 % se obtiene un promedio de 42.51 Ah para el sistema propuesto.

De igual forma puede calcularse el consumo de energía del sistema de la siguiente manera:

$$\text{Consumo} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) = \frac{4885}{48} = 101.77 \text{ Ah/día}$$

3. Cálculo de baterías en paralelo

El número de baterías configuradas en paralelo deben tener la capacidad de igualar la capacidad mínima requerida por el sistema. Por lo tanto para realizar una selección adecuada de las baterías se debe de verificar la disponibilidad actual en el mercado , por lo tanto realizando un compendio del mismo se presenta la siguiente tabla :

Tabla 8. Capacidades de las baterías para los sistemas fotovoltaicos.

Fuente: Elaboración Propia.
 Autor: Elaboración Propia.

Capacidad de la Batería (Ah-Corriente de descarga)				
40 Ah.	65 Ah.	90 Ah.	100 Ah.	120 Ah.
150 Ah.	180 Ah.	200 Ah.	230 Ah.	250 Ah.

Considerando los valores propuestos anteriormente , podemos efectuar el cálculo del número de baterías configuradas en paralelo así tenemos:

$$\# \text{Baterías en paralelo} = \frac{428.51 \text{ Ah}}{230 \text{ Ah}} = 1.86 \approx 2$$

$$\# \text{Baterías en paralelo} = \frac{428.51 \text{ Ah}}{200 \text{ Ah}} = 2.14 \approx 2 \text{ ó } 3$$

Pueden ser consideradas el uso de 2 baterías de 230Ah configuradas en paralelo utilizando un banco 460 Ah , lo cual otorgaría mayor capacidad y menor profundidad de descarga (mas vida útil). A su vez puede emplearse también 2 baterías de 200Ah en paralelo, configuradas en un Banco de 400Ah. Es un 3.5% menos capacidad requerida, lo cual afectará la profundidad de descarga hasta un 55% aproximadamente (menor vida útil).

Finalmente en un supuesto que sean instaladas 3 baterías de 200Ah configuradas en un banco de 600Ah permitirá más carga de consumo, sin embargo el arreglo de paneles no estará en la capacidad de cargarlo al 100%. Además de poseer un mayor costo.

Se procede a efectuar el cálculo el número de baterías configuradas en Serie teniendo el siguiente resultado:

$$\# \text{Baterías serie} = \frac{48 \text{ Vdc}}{12 \text{ Vdc}} = 4$$

Por lo tanto, el total de Baterías a utilizarse se distribuye de la siguiente manera:

En el caso de utilizarse baterías de 230Ah, se tiene los siguientes requerimientos:

- Utilización de 2 paneles configurados en paralelo x 4 paneles configurados en Serie= 8 baterías de 230Ah.

En el caso de utilizarse Baterías de 200Ah, se tiene los siguientes requerimientos:

- Utilización de 2 paneles configurados en paralelo x 4 paneles configurados en serie= 8 baterías de 200ah. (exigir más las baterías – vida útil)
- Utilización de 3 paneles configurados en paralelo x 4 paneles configurados en serie= 8 baterías de 200Ah.

En ambos casos se requiere una exigencia mayor de las baterías alterando a largo plazo la vida útil de las mismas.

Para efectuar el cálculo del inversor es importante conocer la Potencia Máxima Instantánea a suministrar, por lo tanto, se debe de conocer la Potencia Eléctrica, el número de artefactos a utilizar y el consumo total de potencia, por lo tanto, se verifica la siguiente tabla:

Tabla 9. Consumo promedio de energía de artefactos electrodomésticos en una vivienda de nivel “D”.

Fuente: Elaboración Propia.
 Autor: Elaboración Propia.

N°	Artefactos Eléctricos que utilizan Normalmente	Potencia Eléctrica		Cantidad Artefactos	Consumo Total (kW-h)
		Watts	kW		
1	Fluorescente de 40 W	50	0.05	2	100
2	Foco de 50 W	50	0.05	1	50
3	Foco de 75 W	75	0.075	1	75
4	Foco de 100 W	100	0.1	1	100
5	Plancha eléctrica	1000	1.00	1	1000
6	TV de 20"	100	0.10	1	100
7	Radiograbadora	30	0.03	1	20
8	Refrigeradora	250	0.25	1	250
DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA					1705

De la tabla mostrada anteriormente, la suma total de las potencias resulta ser 1705 W respectivamente. Cabe mencionar que la eficiencia está determinada o depende directamente del modelo del inversor a seleccionar.

Por lo tanto, es determinada la potencia requerida del sistema:

$$\frac{1705 \times 1.25}{0.94} = 2267.28 \text{ W}$$

Considerando que la potencia requerida del Sistema es de 2267.28 W. podemos seleccionar un Inversor de 48V/3000 VA, tal como se muestra las especificaciones en la siguiente tabla:

Tabla 10. Características eléctricas de los inversores.

Fuente: Ficha Técnica de datos Controladores MPPT.
 Autor: Victron Energy.

Phosbus Inverter	C12/1000 C24/1000	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/2000 24/2000 48/2000	16/3000 48/3000
Parallel and 3 phase operation	Yes				
MAXIMUM					
Input voltage range (VDC)	8.5 - 17V 19 - 32V 38 - 66V				
Output	Output voltage: 7/80 VAC 12% frequency 50/60 Hz (5/1)				
Cont. output power at 25°C (W) (2)	1200	1600	2000	2000	3000
Cont. output power at 25°C (W)	1000	1400	1800	1800	2800
Cont. output power at 40°C (W)	900	1200	1550	2200	2700
Cont. output power at 60°C (W)	600	800	1000	1000	1600
Peak power (W)	2400	3200	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/24/48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero load power 12/24/48 V (W)	0 / 10 / 12	0 / 10 / 12	0 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Zero load power in AGS mode (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Zero load power in Search mode (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15

CONCLUSIONES

1. La información analizada en la presente investigación permitió comprobar que nuestro país posee una matriz energética basada en el uso de energías no renovables, ello conlleva a que se generen nuevas estrategias que incentiven el uso de la energía provenientes de fuentes renovables y así dar pie a la generación de proyectos innovadores capaces de garantizar la seguridad en la energía del país.
2. La propuesta de la implementación de una vivienda de nivel socioeconómico tipo “D” representa una alternativa factible por las razones expuestas en la discusión del presente artículo y a su vez se sustenta en fundamentos técnicos, sociales y del medio ambiente. De esta forma se podría desarrollar un proyecto intensivo en cuanto al uso de la energía solar fotovoltaica en el Perú y la ciudad de Arequipa.
3. El dimensionamiento eléctrico del sistema permitió determinar que son requeridos seis módulos solares de 250 Wp o en su defecto ocho módulos de 200 Wp como mínimo para lograr la implementación óptima y eficiente del sistema alcanzando valores de entre el 80 y 90 % de eficiencia respectivamente.
4. Para la selección del controlador se dio en función al número de módulos solares a emplear en el sistema por lo tanto considerando la información técnica proporcionada por los fabricantes fue seleccionado un controlador de 150/45 MPPT (Seguidor de Punto de Máxima Potencia).
5. Para el desarrollo del conexionado se verificó que la configuración en serie resulta ser más adecuada y óptima para la instalación del sistema, fue requerido para el conexionado la instalación de cuatro módulos conectados en serie y dos módulos conectados en paralelo.
6. Para la selección de las baterías que será utilizadas en el sistema fueron requeridas ocho baterías de 200 Ah (corriente de descarga), el número de baterías determina el grado de exigencia que se le da al sistema lo cual a su vez incide directamente en la vida útil del mismo.
7. La selección del inversor está en función a la potencia requerida por el sistema para este caso fue seleccionado un inversor de 48 V / 3000 VA.
8. La investigación propuesta, permitirá generar un nexo técnico directo para alcanzar el crecimiento social y económico de los pobladores del Distrito de Characato, ello reflejado en el incremento de la calidad de vida mediante el uso de nuevas tecnologías de tal forma que el uso y disponibilidad de la energía deje de ser una restricción permanente.

REFERENCIAS

[1] Fernández Salgado, J.M. (2009). *Tecnología de las Energías Renovables*. Madrid, España: Mundi Prensa.

[2] Grupo de Nuevas Actividades Profesionales (2007). *Energía Solar Fotovoltaica*. Colegio oficial de Ingenieros de Telecomunicación Editorial.

[3] López, L., Porro, J., Torrónregui, E., García, M. (2004). *Cuántica y Relatividad*. Valencia, España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

- [4] Méndez, J., Cuervo, R. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: FC Editorial.
- [5] Ministerio de Energía y Minas (2015). *Balance Nacional de Energía*. Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas Editorial.
- [6] Orbegoso, C., Arivilca, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica Manual técnico para instalaciones domiciliarias*. Lima, Perú: Ediciones Green Energy, Consultoría y Servicios SRL.
- [7] Osinergmin (2016). *Reporte Semestral del Monitoreo del Mercado Eléctrico-Primer Semestre*. Lima, Perú: Osinergmin Editorial.
- [8] Osinergmin (2017). *La Industria de la Electricidad en el Perú*. Lima, Perú: Editorial de Osinergmin.
- [9] Senamhi (2003). *Atlas de Energía Solar del Perú*. Lima, Perú : Editorial del Senamhi.
- [10] Sánchez, M. (2017). *Energía Solar Fotovoltaica*. México D.F, México: Editorial Limusa.
- [11] Tames, E. (2009). *Estudio de la Electrificación con Energía Solar Plaza Pública Distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho (Tesis de Maestría)*. Universidad de Piura, Piura, Perú.
- [12] Varo, M. (2006). *Modelización de la Radiación Ultravioleta Solar (Tesis de Doctorado)*. Universidad de Córdoba, Córdoba.

Recibido el 27 de setiembre del 2017 y aceptado para su publicación el 11 de noviembre del 2017