

UNIVERSIDAD PERUANA UNION
FACULTA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Evaluación de oportunidades de aprovechamiento del potencial
de la energía solar en la Región Puno**

Por:

Nelly Elizabeth Cañazaca Calle
Beto Reynerio Ramos Villazante

Asesor:

Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, agosto de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE OPORTUNIDADES DE APROVECHAMIENTO DEL POTENCIAL DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA REGIÓN PUNO” constituye la memoria que presentan los estudiantes Nelly Elizabeth Cañazaca Calle y Beto Reynerio Ramos Villazante para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad de los autores, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 15 días del mes de setiembre del año 2020.



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a... 07... día(s) del mes de... agosto... del año 2020, siendo las... 11:30 horas se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) Dr. J. J. C.



presidente(a): Ing. Verónica Haydee Pari Mamani
 secretario(a): Ing. Miguel Ángel Salcedo Enriquez y los demás miembros:
Msc. Hernán Romulo Apaza Porto
 y el(la) asesor(a) Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Evaluación de oportunidades de aprovechamiento del potencial de la energía solar en la Región Puno

de los (las) egresados (as): a) Nelly Elizabeth Sañazaca Calle
 b) Beto Reynorio Ramos Villazante
 conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en Ingeniería Ambiental
 (Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Nelly Elizabeth Sañazaca Calle

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato/a (b): Beto Reynorio Ramos Villazante

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a los candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente/a

 Asesor/a

 Candidato/a (a)

 Miembro

 Miembro

 Candidato/a (b)

 Secretario/a

Evaluación de oportunidades de aprovechamiento del potencial de la energía solar en la Región Puno

Nelly Elizabeth Cañazaca Calle ^{a*}, Beto Reynerio Ramos Villazante^b y Juan Eduardo Vigo Rivera^c

^aEstudiante de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión-Filial Juliaca

^bEstudiante de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura EP de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión-Filial Juliaca

^cCoordinador y docente de la EP de Ingeniería Ambiental, Universidad Peruana Unión-Filial Juliaca

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar las oportunidades de aprovechamiento del potencial de la energía solar en la Región Puno. La metodología consistió en caracterizar la incidencia solar en una superficie horizontal de diferentes puntos de la Región Puno, de esta manera se obtuvo valores de incidencia solar por encima de los 5 kWh/m²/día en Juli, Ilave, Juliaca, Cabanillas, Yunguyo y Santa Rosa, que es la zona sur de la región de Puno. Por lo tanto, nuestra región tiene un potencial de energía solar, dando lugar al aprovechamiento y aplicación de termorreguladores con colectores solares en viviendas bioclimáticas para comunidades alejadas de la sierra dándoles un confort térmico en épocas de helada y aprovechando en la generación de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicas, de esta manera, incrementará la cobertura de los servicios básicos de las zonas más necesitadas. Así mismo, este potencial energético solar abre la posibilidad de creación de proyectos de inversión para Centrales Solares o construcción de plantas fotovoltaicas a gran escala en nuestra región Puno.

Palabras clave: Incidencia solar; energía renovable; aprovechamiento de energía solar.

Abstract

The objective of the research was to evaluate the opportunities to take advantage of the potential of solar energy in the Puno Region. The methodology consisted of characterizing the solar incidence on a horizontal surface at different points of the Puno Region, in this way solar incidence values above 5 kWh / m² / day were obtained in Juli, Ilave, Juliaca, Cabanillas, Yunguyo and Santa Rosa, being the southern part of the Puno region. Therefore, our region has a potential for solar energy, giving rise to the use and application of thermoregulators with solar collectors in bioclimatic homes for communities far from the mountains, giving them thermal comfort in times of frost and taking advantage of the generation of electricity through panels solar photovoltaic, in this way, will increase the coverage of basic services in the most needy areas. Likewise, this solar energy potential opens the possibility of creating investment projects for Solar Power Plants or the construction of large-scale photovoltaic plants in our Puno region.

Keywords: Solar incidence; renewable energy; harnessing solar energy.

1. Introducción

La demanda energética en el mundo ha crecido considerablemente conllevando al uso de petróleo, gas y carbón, sin embargo, esto ha conllevado a impactos negativos al ambiente como el incremento de gases de efecto invernadero y el cambio climático. Frente a los efectos del uso de los combustibles fósiles como fuentes energéticas surge la alternativa del uso de las energías renovables, siendo una de ellas la energía solar, este es energía radiante del sol recibida en la tierra, considerándose como uno de los recursos con mayor importancia en el futuro, reemplazando a las actuales energías producidas por hidrocarburos e hidroeléctricas. Por ello se avivan las posturas sobre la necesidad de contribuir a la transición, desde una matriz energética global de hidrocarburos dependientes, hacia otras con mayor participación de las energías renovables que no afecten al medioambiente como es el caso de la energía solar, buscando lograr mayor eficiencia, equidad y sostenibilidad energética (Carrizo et al., 2016). La transición energética puede impulsar un amplio desarrollo socioeconómico, guiado por políticas integrales que fomenten la descarbonización, alineada con los objetivos económicos, ambientales y sociales. Por tal, los estímulos económico posteriores a la crisis sanitaria del año 2020 podrían llevar a muchas sociedades al apoyo de las energías limpias (IRENA, 2020).

En ese sentido en la actualidad el aprovechamiento del potencial de energía solar como energía renovable es una oportunidad de desarrollo para aquellas zonas alejadas en situación de pobreza de la región Puno, dado que en algunas provincias se presenta escenarios donde la cobertura y acceso de la matriz energética es limitado lo cual no garantiza la satisfacción de las necesidades básicas de la sociedad. El Ex Viceministro de Energía del Perú Gamio Aita (2017), menciona que la situación ambiental agudiza

* Autor de correspondencia:

Av. Héroes de la Guerra del Pacifico, Juliaca, Puno

Cel: 984313465

E-mail: nelly.cc@upeu.edu.pe, betoramos@upeu.edu.pe

la situación de 7,8 millones de peruanos y peruanas en situación de pobreza, siendo éstos los más afectados por la contaminación y falta de energías limpias, como los ciudadanos que no cuentan con adecuado servicio público de electricidad o agua y solo acceden a una forma de transporte caótica, así mismo alega que en la sierra la energía solar sola o combinada con otras fuentes energéticas resulta una herramienta eficaz de acceso a la energía de muchos centros poblados aislados.

La región Puno, ubicada entre los 3812 y 5500 m.s.n.m. en la meseta del Collao tiene como promedio anual de energía solar incidente sobre superficie horizontal 6,0 kWh/m²/día. La incidencia mínima ocurre en el mes de enero con 5,1 kWh/m²/día y la máxima en el mes de octubre con 7,2 kWh/m²/día (Morante et al., 2005), en el estudio de Quispe (2017), se estimó como promedio anual de energía incidente solar en la región Puno sobre superficie horizontal 5,9 kWh/m²/día, siendo la energía solar incidente mínima en el mes de enero con 5,1 kWh/m²/día, lo que le indicaba que es viable la instalación de una planta fotovoltaica en la región, así mismo en la tesis de Huanca Callata (2017), con los datos proporcionados por el SENAMHI-Puno de los años 2013-2014 y la base de datos de la NASA, obteniendo resultados de los análisis, se muestran para la ciudad de Juliaca; que el recurso eólico no es abundante y además de ser muy variable, sin embargo, el recurso solar es abundante en una superficie inclinada para ángulo apropiado de instalación de 15° aproximadamente, alcanzando un promedio de energía solar incidente igual a 7,087 kWh/m²/día.

El objetivo de la investigación fue evaluar las oportunidades de aprovechamiento del potencial de la energía solar en la Región Puno.

2. Revisión

2.1. Caracterización de energía solar

Para un correcto aprovechamiento del recurso energético de las fuentes renovables es necesario disponer de los valores medio mensuales de las variables meteorológicas de la región siendo la más importante la radiación incidente en el plano de captación. Para ello el SENAMHI (2020), cuenta con un Atlas Solar del Perú, para el departamento de Puno, lo cual se muestra a continuación la Tabla 1 los siguientes datos:

Tabla 1

Energía solar incidente – Atlas Solar del Perú

Energía Solar incidente en una superficie horizontal (kWh/m ² /día)												Prom. Anual
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
	6.25			6.25			4.75			6.25		5.88

Fuente:

En la Tabla 1 se muestra que en los meses de enero, mayo y noviembre la radiación solar incidente está por encima de 6.25 kWh/m²/día y en el mes de agosto está por debajo de 5 kWh/m²/día de la serie de 1975 a 1990. Sin embargo, debido a la falta de información dentro de este atlas solar, se realizó el procesamiento de datos de irradiación solar o energía solar incidente (kWh/m²/día) en programa Excel, descargados de base de datos de la NASA (2020), de 2010 al 2019, tomando coordenadas satelitales de algunas provincias y distritos de la región Puno, así mismo el uso del programa ArcGIS para presentación del mapa (Figura 1).

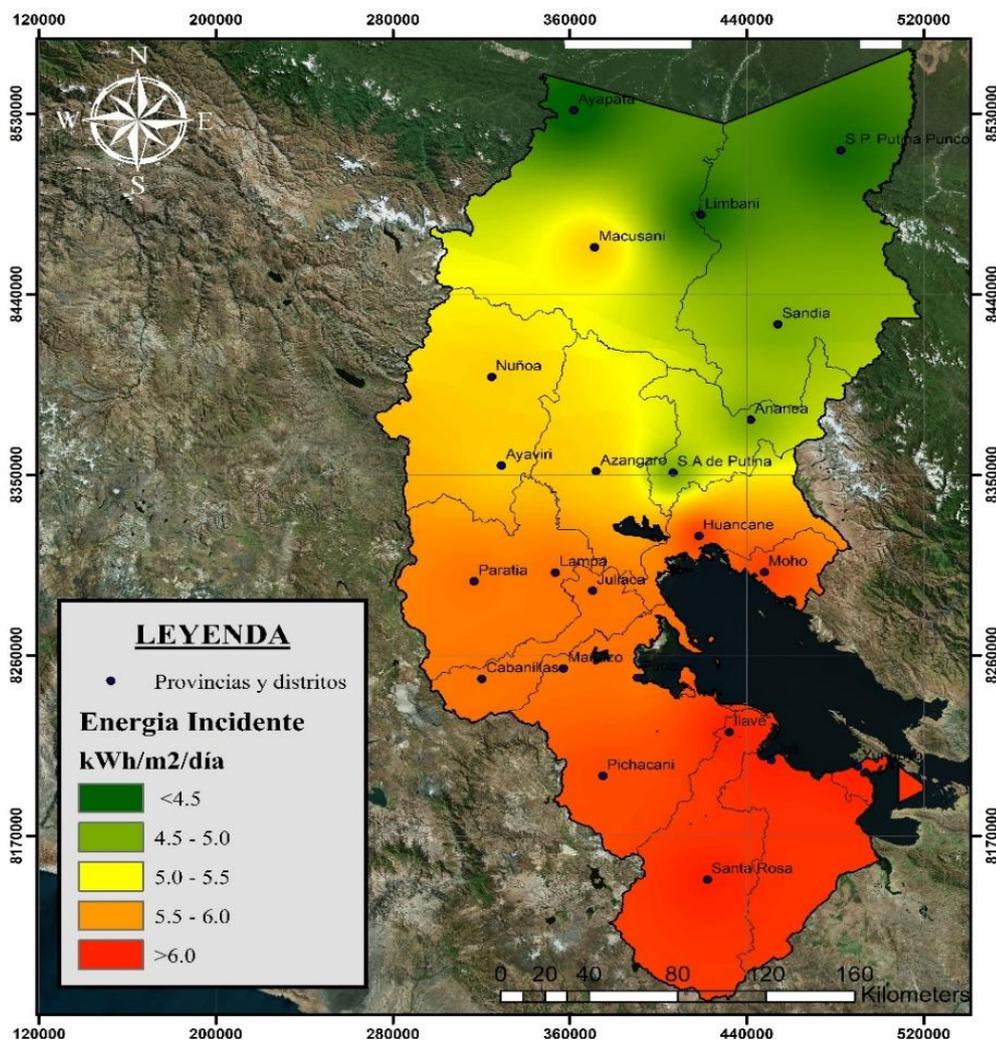


Figura 1 Energía solar incidente en la región Puno

Fuente: NASA, 2020, <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

En la Tabla 2 la incidencia solar promedio mensual de 2010 al 2019 presenta valores de 5.5 kWh/m²/día en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre y a partir del mes de diciembre empieza a descender hasta Julio, los meses con menor incidencia solar de mayo y junio con 5.18 y 4.99 kWh/m²/día respectivamente, dentro de esta serie de 10 años. Así, mismo los lugares con máxima presencia de energía solar incidente son en Juli, Ilave, Yunguyo, Santa Rosa y Pichacani alcanzando valores de 7 kWh/m²/día y valores por debajo de 5 kWh/m²/día se presentan en Limbani, Ayapata y San pedro de Putina Punco debido a que son zonas de selva y ceja de selva donde existen precipitaciones y nubosidades la mayor parte del año, ya que son factores que intervienen en la incidencia de la energía solar de la atmosfera hacia la superficie terrestre.

Entonces el potencial de energía solar incidente en la Región Puno es alto, por lo que se debe de dar un adecuado aprovechamiento de este recurso energético con herramientas y tecnologías en energías renovables adaptadas a cada población para cubrir los servicios básicos requeridos, como electrificación y confort térmico en viviendas para las zonas aisladas afectadas por heladas de nuestra Región Puno.

Tabla 2

Promedio de energía solar incidente de 2010 al 2019 de la región Puno.

Región Puno	Promedio de Energía solar Incidente (kWh/m ² /día) de 2010-2019											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Juliaca	5.86	5.58	5.63	5.48	5.44	5.27	5.39	5.99	6.24	6.60	6.97	6.06
Juli	6.31	5.92	6.06	5.73	5.61	5.31	5.43	6.11	6.58	7.06	7.37	6.59
Sandia	4.34	4.24	4.53	4.67	4.75	4.69	4.90	5.15	5.19	5.18	5.14	4.56
S.P. Putina Punco	4.44	4.19	4.51	4.32	3.74	3.52	3.82	4.45	4.89	5.00	4.79	4.37
Ayaviri	5.07	5.03	5.37	5.17	5.37	5.24	5.41	5.83	5.87	5.87	6.01	5.17
Huancané	6.09	6.05	5.91	5.70	5.66	5.38	5.51	6.18	6.46	6.80	7.20	6.09
Ilave	6.31	5.92	6.06	5.74	5.61	5.31	5.43	6.11	6.58	7.06	7.37	6.59
Lampa	5.86	5.58	5.63	5.48	5.44	5.27	5.39	5.99	6.24	6.60	6.97	6.06
Puno	5.86	5.58	5.63	5.48	5.44	5.27	5.39	5.99	6.24	6.60	6.97	6.06
S.A de Putina	4.34	4.24	4.53	4.67	4.75	4.69	4.90	5.15	5.19	5.18	5.14	4.56
Yunguyo	6.31	5.92	6.06	5.74	5.61	5.31	5.43	6.11	6.58	7.06	7.37	6.59
Azángaro	5.07	5.03	5.37	5.17	5.37	5.24	5.41	5.83	5.87	5.87	6.01	5.17
Macusani	5.07	5.03	5.37	5.17	5.37	5.24	5.41	5.83	5.87	5.87	6.01	5.17
Moho	6.09	6.05	5.91	5.70	5.66	5.38	5.51	6.18	6.46	6.80	7.20	6.09
Santa Rosa	6.31	5.92	6.06	5.74	5.61	5.31	5.43	6.11	6.58	7.06	7.37	6.59
Mañazo	5.86	5.58	5.63	5.48	5.44	5.27	5.39	5.99	6.24	6.60	6.97	6.06
Pichacani	5.88	5.39	5.75	5.67	5.57	5.25	5.37	6.10	6.60	7.07	7.51	6.50
Ayapata	4.18	4.02	4.15	4.35	3.94	3.89	4.06	4.43	4.66	4.58	4.50	4.21
Limbani	4.44	4.19	4.51	4.32	3.74	3.52	3.82	4.45	4.89	5.00	4.79	4.37
Cabanillas	5.86	5.58	5.63	5.48	5.44	5.27	5.39	5.99	6.24	6.60	6.97	6.06
Paratía	5.86	5.58	5.63	5.48	5.44	5.27	5.39	5.99	6.24	6.60	6.97	6.06
Nuñoa	5.07	5.03	5.37	5.17	5.37	5.24	5.41	5.83	5.87	5.87	6.01	5.17
Ananea	4.34	4.24	4.53	4.67	4.75	4.69	4.90	5.15	5.19	5.18	5.14	4.56
Promedio general	5.43	5.21	5.39	5.24	5.18	4.99	5.15	5.69	5.95	6.18	6.38	5.60

Fuente: NASA, 2020, <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

2.2. Oportunidades de aprovechamiento de la energía solar

Es posible aprovechar la energía solar que llega a tierra y no sufre ninguna modificación natural, a través de colectores solares y convertirlas en alguna forma de energía para su utilización directa. En general se clasifican a los colectores solares de acuerdo con el proceso de conversión fototérmica y fotovoltaica, la primera, convierte la energía solar en energía térmica a diferentes temperaturas según el tipo de colector que se utilice y la segunda, convierte directamente la energía solar en energía eléctrica (Durán & Godfrin, 2004), para este trabajo se realizó una revisión de estudios e investigaciones que aprovecharon este recurso renovable en nuestra región Puno, en tanto en los siguientes párrafos se apreciará, investigaciones revisadas para el aprovechamiento del potencial de energía solar por conversión térmica y fotovoltaica, dando oportunidad a las utilidades que se puede dar a este recurso solar como confort térmico y electrificación en viviendas en las comunidades rurales y urbanas afectadas por condiciones extremas de helada.

2.2.1. Aprovechamiento por conversión térmica

Existen aplicaciones del aprovechamiento de la energía solar mediante su conversión térmica como para calentamiento de agua para uso domiciliario, calefacción de viviendas, etc. Ante esto se realizó la revisión de estudios e investigaciones dentro de nuestra región Puno que emplearon el uso de la energía solar para conversión térmica, encontrándose el artículo de Flores (2014), que consistió en la construcción de una vivienda solar pasivo a base de propiedades termofísicas y desarrollando una evaluación experimental del rendimiento térmico aportado por los elementos constructivos en la comunidad rural Colloco-Ilave-Puno, provisto de adecuado aislamiento térmico envolvente, ubicación, la orientación y un sistema de acumulación de energía adecuadamente diseñada a base de encapsulado de piedras andesitas porosas y de totora, en ello se hizo la distribución de energía calorífica almacenada principalmente al ambiente del dormitorio, permitiendo de esta manera el aprovechamiento de la energía solar (irradiación solar) para que la temperatura al interior de la vivienda sea más confortable, logrando elevar la temperatura mínima en el interior de la vivienda de 5.54 °C a 11.8 °C durante el periodo del mes de junio del 2013.

En la investigación de Huanca (2018), con el objetivo de desarrollar el diseño estructural y procedimiento constructivo utilizando adobe y haciendo uso de la energía solar para optar un prototipo de vivienda rural bioclimatizada y con ello mejorar el confort térmico en zonas frías de la región de Puno, identificando tecnologías bioclimáticas (Tabla 3) y analizando las funciones y necesidades del poblador. Los métodos utilizados son de tipo descriptivo y experimental utilizando software para modelamiento climático (ecotect) y para el cálculo estructural (etabs) y también el desarrollo de una maqueta del prototipo con materiales reales

(in situ) escala 1/10. Los resultados indican que la orientación y la utilización del colector solar e invernadero son importantes para su bioclimatismo. También el uso del adobe como sistema constructivo ayuda al confort térmico por su baja conductividad térmica.

Tabla 3

Requerimientos para un buen confort y diseño bioclimático

Condiciones mínimas de confort	Requerimientos ambientales	Requerimientos posicionales
<p>Temperatura: en el día debería oscilar temperaturas entre 15 °C a 25 °C y de noche debe mantener entre 10 °C y 15 °C.</p> <p>Humedad: no debe ser mayor a 60% ni menor a 40%, de noche se debe tratar de llegar al 50% de la humedad.</p>	<p>El diseño bioclimático aprovecha la energía solar para generar calor al interior de los ambientes y también genera electricidad con panel fotovoltaico.</p> <p>El sistema de desague se diseñó según al sistema UBS de Arrastre Hidráulico – con Biodigestor</p>	<p>Clima: se dara solución a las bajas temperaturas en los ambientes sobre todo en el invierno.</p> <p>Forma y orientación: La forma del diseño se debe integrar al contexto tomando como referencia en análisis del ámbito de estudio. La orientación debe estar direccionada hacia el norte para poder aprovechar la energía solar, aplicando colectores solares.</p> <p>Figura 2.</p> <p>Aislamiento: se utilizará la energía solar mediante los colectores solares debiendo aislar el prototipo de vivienda para que no se pierda la energía ganada, como también aislar acústicamente la cubierta para evitar los ruidos en épocas de lluvia y granizo.</p> <p>Captación solar pasiva: Se aprovechara la energía solar para los colectores solares y para los paneles fotovoltaicos. El sol alcanza su máxima posición y/o emplazamiento meridional, en una máxima declinación norte aprox. 23° y máxima declinación sur aprox. -23° con respecto a la línea del ecuador.</p>

Fuente: Huanca, 2018.

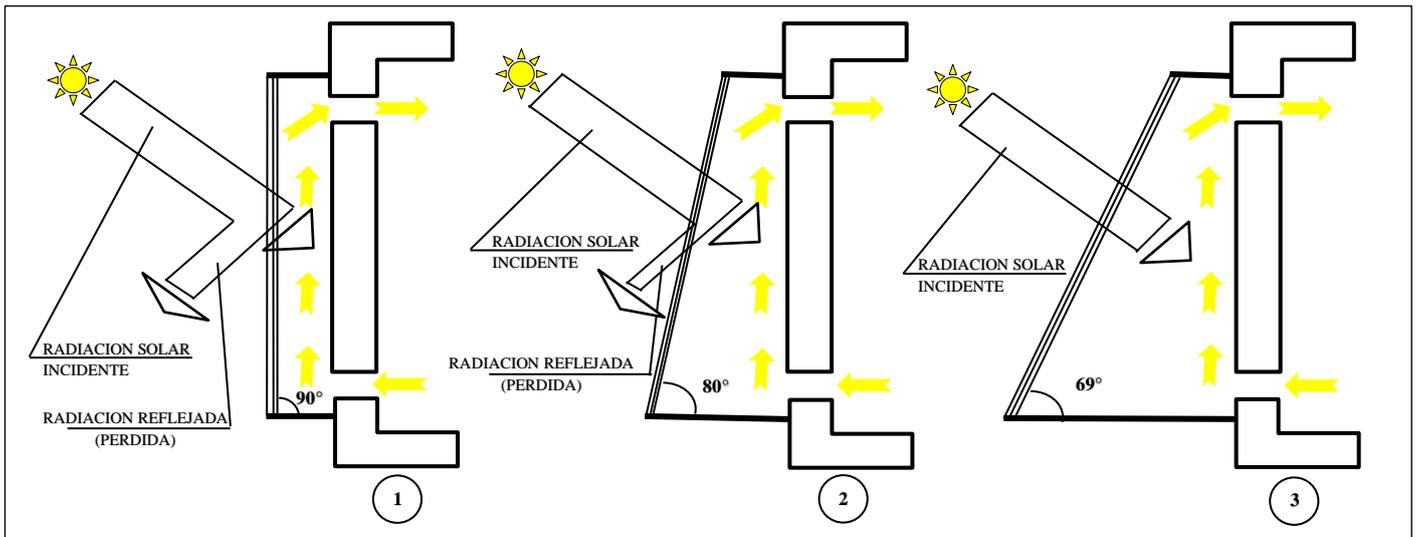


Figura 2: Ganancia de calor según su ángulo de un muro Trombe

Fuente: Adaptado de Huanca, 2018.

A continuación, en la Tabla 4 se presenta la distribución o compartimento de la vivienda y en la figura 3 muestra el comportamiento térmico con la utilización de muro colector e invernadero, además la tesis presenta un presupuesto para la construcción de este tipo de vivienda bioclimática (Tabla 5).

Tabla 4

Distribución de los espacios de la vivienda

N°	Descripción	Nivel	Muro	Área/Unitaria	Cantidad	Área Total (m²)
----	-------------	-------	------	---------------	----------	-----------------

1	Dormitorios	1	Muro simple	12.00	2.00	24.00	
2	Espacios de visita	1	Muro simple	5.00	1.00	5.00	
3	Colector solar	1	Muro simple	3.00	2.00	6.00	
4	Cocina	1	Muro simple	12.00	1.00	12.00	
5	invernadero	1	Muro simple	12.00	1.00	12.00	
6	Almacén	1	Muro simple	18.00	1.00	18.00	
7	SS.HH.	1	Muro simple	3.00	1.00	3.00	
8	Patio central	1		40.00	1.00	40.00	
9	Patio lavandería	1		15.00	1.00	15.00	
10	Corral para animales menores	1	Muro simple	20.00	1.00	20.00	
						SUB TOTAL:	155.00
						30% MUROS:	46.50
						TOTAL:	201.50

Fuente: Huanca, 2018.

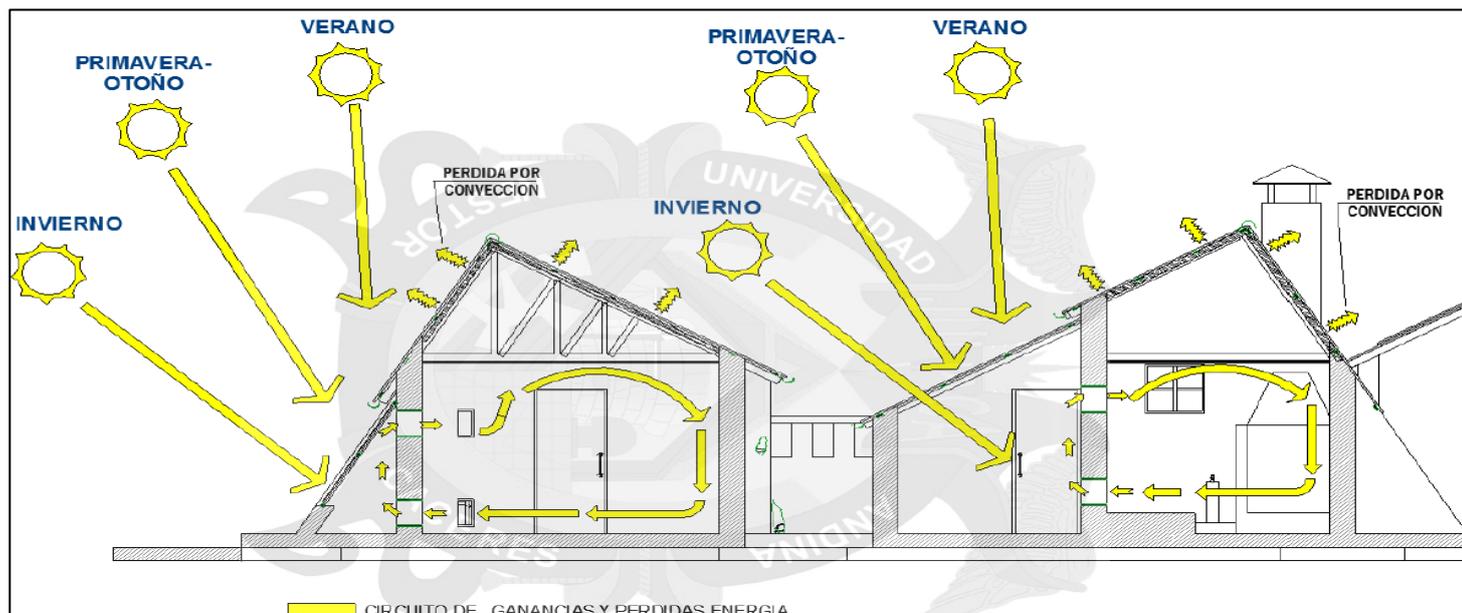


Figura 3 Comportamiento térmico con un corte longitudinal
Fuente: Huanca, 2018.

Tabla 5

Presupuesto base para el prototipo de vivienda rural bioclimatizada utilizando energía solar para zonas frías en la región Puno.

DESCRIPCION	COSTO (S/.)
Construcción de dormitorios	29,522.94
Construcción de cocina	17,008.20
Construcción de depósito	16,531.13
Construcción de patio y cerco perimétrico	3,024.44
Construcción del sistema de saneamiento	6,008.82
Sistema eléctrico – Panel fotovoltaico	1,200.00
Capacitación de seguridad y medio ambiente	5,180.00
COSTO DIRECTO (CD)	78,475.53
COSTO DIRECTO	78,475.53
GASTOS GENERALES (8%)	6,278.04
GASTOS DE SUPERVISION (2%)	1,569.51
GASTOS DE EXPEDIENTE TECNICO (2.5%)	1,961.89
PRESUPUESTO TOTAL	88,284.97

Fuente: Huanca, 2018.

En tanto, para nuestra región es una oportunidad de estudio y aplicación, ya que se incrementaría la comodidad de las poblaciones alejadas y necesitadas de este servicio, como un termoregulador natural para las viviendas en épocas de helada, de este modo se generarían proyectos con mayor aplicación práctica y de interés social en nuestra Región Puno.

2.2.2. Aprovechamiento por conversión fotovoltaica

Las autoridades e investigadores de la región Puno deberían interesarse en la difusión del aprovechamiento fotovoltaico principalmente en espacios rurales sin conexión a la red eléctrica y para satisfacer las pequeñas demandas realizándose estudios para su aplicación. Por ello en la revisión se encontró el proyecto de investigación de Mori Acuña, (2018), que trata de la viabilidad

de electrificación y climatización en viviendas de comunidades rurales en Zonas Alto Andinas (Puno-Perú) mediante el aprovechamiento de los recursos naturales de las comunidades rurales de la Provincia de Huancané, por ser una de las zonas con heladas extremas, en este proyecto para el tema de electrificación de la vivienda analizó la demanda eléctrica de la vivienda y busco la autonomía en la generación mediante uso de los recursos renovables, por lo que caracterizó el potencial energético de recurso eólico y solar, seleccionado así la opción más viable para el diseño de electrificación en la vivienda, obteniendo que la provincia Huancané en el invierno la temperatura puede llegar hasta -17°C , alcanzando un máximo de 19°C en la primavera, así mismo en el área el promedio anual de la irradiación solar sobre superficie horizontal es de $6,5\text{ kWh/m}^2$, la irradiación mínima ocurre en el mes de junio con 5.5 kWh/m^2 y la máxima en el mes de octubre con $7,6\text{ kWh/m}^2$. Para la climatización, realizó una caracterización del clima de la zona y determinó la demanda de calefacción requerido en las viviendas existentes a las condiciones más extremas de temperatura, con la propuesta seleccionada desarrollaron los cálculos para la zona de estudio, teniendo en cuenta la orientación, los materiales de construcción empleados, así como la aplicación de técnicas de arquitectura bioclimáticas y la instalación sistemas con aprovechamiento de recursos renovables como son los sistemas termo solares.

A continuación, en las siguientes Tablas se muestra el resumen de especificaciones básicas del proyecto

Tabla 6

Especificaciones básicas del proyecto

Datos de la instalación	
Tipo/Uso	Vivienda unifamiliar (4 personas)
Localización	Huancané – Puno (Perú)
Superficie	36 m ²
Consumo diario	4.05 kWh/día
Consumo anual proyectado	1478 kWh
Datos de sistema de climatización/Sistema Termo Solar	
Energía termica Demandada (Calefaccion y ACS)	33 KWh/día
Orientación	Norte
Técnica de construcción	Vivienda bioclimática
Inclinación de Módulos termo solar	20°
Área de módulos	11 m ²
Vida útil estimada de instalación:	15 - 20 años
Datos de Sistema de Generación Eléctrica Solar Fotovoltaico	
Potencia FV necesaria calculada	4,9 kWp
Orientación de paneles FV	Norte
Inclinación considerada	20° (inclinación optima)
Área total de paneles	6.5 m ²
Potencia CA de inversor	2.5 kW
Capacidad total disponible en baterías	1064.90 Ah
Vida útil estimada de instalación	20 – 25 años
Componentes de la Instalación FV	
Planta FV	4 paneles FV de 240Wp
Sistema Acumulador	3 baterías cada una con capacidad de 375Ah C20
Sistema Regulador de Carga	Tecnología MPPT, Intensidad de carga: 20.5 A, Pot. De salida: 54.82A
Sistema Inversor	Inversor de 2.5 kW

Fuente: Mori Acuña, 2018.

También, este proyecto se realizó la viabilidad económica de la instalación de un sistema fotovoltaico y termo solar en la Tabla 10 presenta los tipos de costes diferentes que se van a tener en cuenta en la instalación del sistema fotovoltaico y termo solar.

Tabla 7

Costes de Instalación Fotovoltaica y Termo Solar.

Descripción	Euros	Dolares (\$)	Soles (S/.)
Sistema Fotovoltaico y Termo solar	9,751.15	11,547.81	40,850.38
Cableado (1%)	97.51	115.48	408.51
Imprevistos (8%)	780.09	923.82	3,268.01
Protecciones (1%)	97.51	115.48	408.51
Otros Gastos (13%)	1,267.65	1,501.22	5,310.57
TOTAL	11,993.91	14,213.61	50,244.98

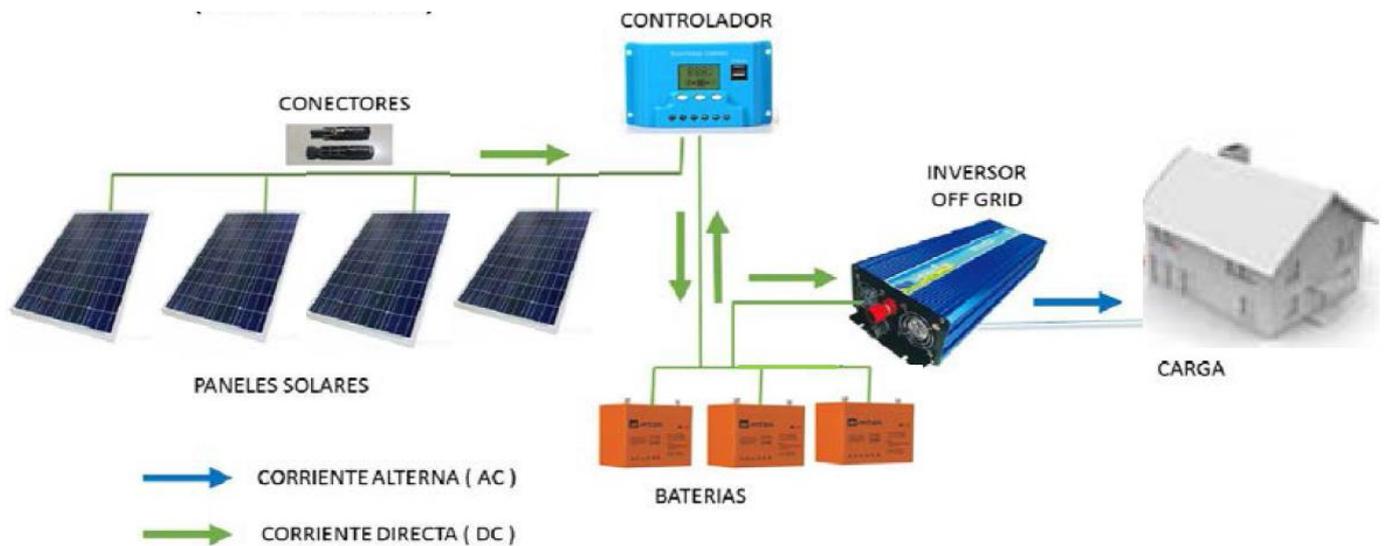


Figura 4 Representación del sistema fotovoltaico aislado.

Fuente: Mori Acuña, 2018.

Con la propuesta de la vivienda bioclimática del proyecto de investigación de Mori Acuña, (2018), se reducen las pérdidas de calor hasta en un 77%, lo que origina un incremento de la temperatura dentro del ambiente con respecto a la temperatura exterior y tiene coste estimado aproximado de inversión de 9,114.72 de dolares o 32,243.32 soles aproximadamente por vivienda con un área de 36 m².

En tanto, la zona del altiplano como es el caso de la provincia de Huancané cuenta con un gran potencial de energía solar, sin embargo, no es aprovechado en algunas zonas rurales de Huancané debido a los costos que tiene la instalación del sistema fotovoltaicos y sus componentes, por lo que algunos buscan las subvenciones económicas por el estado u otras instituciones con apoyo social.

En la actualidad como parte del desarrollo energético, el Perú ha puesto mayor énfasis en el uso y aprovechamiento de la energía solar, por ejemplo en la zona sur del país por su potencial de irradiancia solar, como en el departamento de Moquegua, Arequipa y Tacna, en el mes de noviembre presentan irradiaciones mayores de 7.5 kWh/m²/día y la mínima en el mes de mayo con 4.5 kWh/m²/día en el atlas solar del SENAMHI (2020). Se realizaron proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica construyendo una Central Solar (C.S.), entrando en operación en 2018 las Centrales Solares Rubi, Inti Pampa en el departamento de Moquegua, en Arequipa Centrales Solares Majes y Repartición y por último la Central Solar Tacna (OSINERGMIN, 2019). En tanto para la región Puno es necesario realizar un estudio técnico para la aplicación e inversión para estos tipos de proyectos de gran envergadura que el estado promueve.

Entonces, se revisó la investigación de Quispe (2017), con el tema de “Estudio técnico y económico para la instalación de una planta fotovoltaica para la provisión de energía al sistema eléctrico interconectado nacional en la región Puno” en la cual han podido demostrar que la Región Puno, tiene como promedio anual de la irradiación solar sobre superficie horizontal 5,9 kWh/m²/día y la irradiación mínima ocurre en el mes de enero con 5,1 kWh/m²/día, lo que indica, según esta investigación, que es viable la instalación de una planta fotovoltaica en nuestra región de Puno. En tanto se dara más detalles de esta investigación, la ubicación fue en una zona rural llamada Mucra, al norte de la ciudad de Juliaca aproximadamente a unos cuatro kilómetros del puente del río Maravillas. En los costos de este proyecto se tomaron en cuenta los costos de materiales e instalaciones así como los de mantenimiento del Edificio Técnico y dentro de los costos iniciales se consideran los costos para la implementación del edificio técnico, estructura, cimentación, edificio administrativo, paneles, cableado, equipamiento, instalación y transporte, mientras que el costo de operación, estará conformado por pago de salarios de trabajadores, también se estimó la producción anual de la planta a 1,550,751.34 kWh (Tabla 8).

Tabla 8

Producción de la planta

Mes	Ep(kWh/mes)
Enero	115,790.38
Febrero	125,789.11
Marzo	157,031.46
Abril	149,068.65
Mayo	146,216.97
Junio	126,24.34

Julio	117,268.36
Agosto	118,187.15
Setiembre	126,642.07
Octubre	125,678.47
Noviembre	117,092.85
Diciembre	125,744.53
Producción anual (kWh)	1,550,751.34

Fuente: Quispe (2017).

Así mismo, se presenta la estimación del costo de la instalación de la planta fotovoltaica en la ciudad de Juliaca (Tabla 9) y cálculo del VAN que permite calcular el valor presente de los ingresos y egresos proyectados en el flujo de caja, en tanto se obtuvo un valor actual neto mayor a cero lo que indica que el proyecto producirá ganancias superiores a la rentabilidad mínima exigida y una Tasa Interna de Retorno de 26.58% (Tabla 10).

Tabla 9

Costo de instalación

COSTO TOTAL DE INSTALACIÓN	
Rubro	Costo Total (\$)
Costo en instalación eléctrica	1,726,946.37
Costo en Ingeniería y dirección de obra	48,000.00
Costo transportes asociados	10,000.00
Costo de instalaciones y obra	1,784,946.37
*FDI (0.5%)	8,924.73
*IVA (12%)	214,193.56
Subtotal de costo de instalación e impuestos	2,008,064.66
Gastos de constitución	2,870.45
Activos fijos	2,820.00
Activos circulantes	3,000.00
Total (\$)	2,016,755.11
* \$/Wp	1.804

Fuente: Quispe (2017).

*FDI: Inversión directa

*IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido

* Wp: potencia pico

Tabla 10

Cálculo del VAN y TIR

TMAR	15.00%
TIR	26.58%
VAN	\$ 781654.69

Fuente: Quispe (2017).

TMAR: Tasa mínima aceptable de rendimiento

TIR: Tasa Interna de Retorno

VAN; Valor Actual Neto

Del mismo modo en la investigación de Cuenta (2013), realizó un estudio sobre la simulación de un sistema fotovoltaico completo, compuesto por arreglo de PV, un convertidor elevador CC/CC, un inversor DC/CA, consumo de energía en la vivienda y la red eléctrica; concluyendo que los paneles solares que se encuentran estáticas sobre la superficie no podrán aprovechar toda la radiación solar a lo largo del día, a comparación de los que dispone de seguimiento solar (movimiento a uno y dos grados de libertad), en consecuencia resaltamos el seguimiento a dos ejes son más eficientes que el resto de los casos por lo que es importante su implementación y así mismo aprovechando la energía solar, se demostró el proceso de conversión de potencia DC a AC, logrando suministrar energía eléctrica a la vivienda y el exceso inyectar a red (Figura 4). De esta manera el uso de la energía solar fotovoltaica se hará presente desde distintos puntos de la ciudad, principalmente por impulso público a través de iniciativas de

fomento nacional, provincial y local. A su vez, se han identificado iniciativas privadas concentradas principalmente en el sector turístico y casos de personas con interés de aportar al cuidado del ambiente a través de las energías renovables en general y en particular de la energía solar, en relación a sus actividades profesionales.

Por tal razón el diseño del plan de electrificación rural busca un uso mayor y más eficiente de los recursos energéticos renovables, siendo una solución eficaz a la falta de acceso energía eléctrica, ya que en los datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI (2017), se ha encontrado que el alumbrado eléctrico por red pública en viviendas particulares en el departamento de Puno es de 286 817, representando casi 74,2 %, además, existen 9 mil 368 pequeños centros poblados aislados, donde difícilmente llegará la red de distribución convencional.

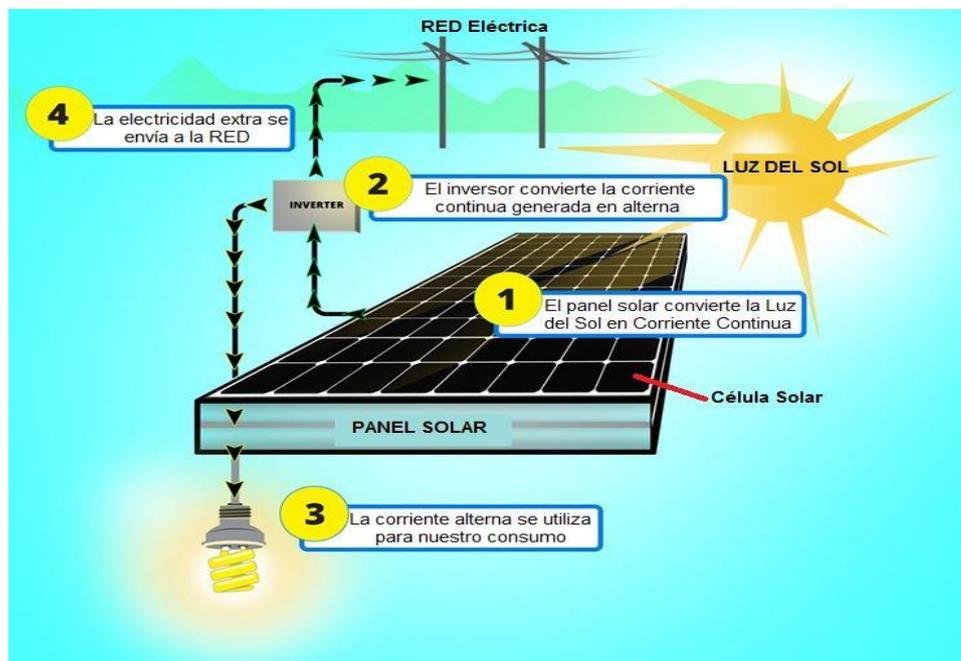


Figura 5 Panel solar para aprovechamiento de energía solar

Fuente: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>

3. Conclusión

Por tanto se concluye que se obtuvo valores de incidencia solar por encima de los 5 kWh/m²/día en Juli, Ilave, Juliaca, Cabanillas, Yunguyo y Santa Rosa, demostrando que la zona sur de nuestra región presenta oportunidades de aprovechamiento y aplicación de termorreguladores con colectores solares en viviendas bioclimáticas para comunidades alejadas de la sierra dándoles un confort térmico en épocas de helada y aprovechando en la generación de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicas, de esta manera, incrementará la cobertura de los servicios básicos de las zonas más necesitadas. Así mismo este potencial energético solar abre la posibilidad de creación de proyectos de inversión para Centrales Solares o construcción de plantas fotovoltaicas a gran escala en nuestra región Puno.

Referencias

- Carrizo, S., Núñez, Cortés, M. A., & Gil, S. (2016). *Transiciones energéticas en Argentina* (Vol. 25, Issue March).
- Cuenta, Luque, L. W. (2013). Diseño y simulación de un sistema energético fotovoltaico con control de seguimiento del punto de máxima potencia para proveer energía eléctrica eficiente en la región de Puno. In *Tesis*.
- Durán, J. C., & Godfrin, E. M. (2004). Aprovechamiento de la Energía Solar en la Argentina y en el Mundo. In *Aprovechamiento de la Energía Solar en la Argentina y en el Mundo. Boletín energético*. (Vol. 16, p. 44). <http://www.onenergias.com/energia-online/wp-content/uploads/2010/12/aprovechamiento-de-la-energia-solar.pdf%0Ahttp://www.cnea.gob.ar/sites/default/files/duran.pdf>
- Flores, A. (2014). Construcción de una vivienda solar en base a las propiedades termofísicas y evaluación experimental de su confort térmico en Ilave. *Revista Investigación Altoandina*, 16(1), 177–186.
- Gamio Aita, P. (2017). Energía: un cambio necesario en el Perú. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 1, 93–135. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.201701.004>
- Huanca Callata, E. (2017). Caracterización de los recursos eólico y solar de la ciudad de Juliaca. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Huanca, S. (2018). *Prototipo de vivienda rural bioclimatizada utilizando energía solar para zonas frías en la región Puno*. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez.
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados: Censos Nacionales 2017*. <http://www.inei.gob.pe/>
- INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2017). *Acceso a Servicios Básicos de las viviendas particulares*. 317–357.
- IRENA. (2020). Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050. In *International Renewable Energy Agency*.

<https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>

- Morante, F., Zilles, R., Espinoza, R., & Horn, M. (2005). Consumo De Energía Eléctrica En Sistemas Fotovoltaicos Domiciliarios De Las Comunidades De Los Uros , Taquile , Amantaní Y Huancho Lima De La Región Puno , Perú. *Energía y Desarrollo*, 17(abril), 1–8.
- Mori Acuña, D. E. (2018). *Proyecto de viabilidad de climatización y electrificación en viviendas de comunidades rurales en Zonas Alto Andinas (Puno-Perú)*. [Universitat de Barcelona]. http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/125005/1/TFM_MERSE_Diego_Mori_Acuña.pdf
- NASA. (2020). *Prediction Of Worldwide Energy Resources*. Applied Sciences Program. <https://power.larc.nasa.gov/>
- Quispe, A. (2017). *Estudio técnico y económico para la instalación de una planta fotovoltaica para la provisión de energía al sistema eléctrico interconectado nacional en la región puno*. 1–140.
- SENAMHI, S. N. de M. e H. (2020). *Atlas solar por departamentos-Peru*. <https://www.senamhi.gob.pe/>