



DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR PARA EL DISEÑO BIOCLIMÁTICO DE VIVIENDAS EN LA CIUDAD DE JULIACA REGIÓN PUNO

DETERMINATION OF SOLAR ENERGY FOR THE BIOCLIMATIC DESIGN OF HOUSING IN THE CITY OF JULIACA REGION PUNO

Elmer Rodrigo Aquino Larico¹

¹SINACE S.A.C. Proyectos en Energía Solar, Jr. Tambopata N° 189, Juliaca, Puno, Perú, rodrigo19_x@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar la energía solar para el diseño bioclimático de viviendas en la ciudad de Juliaca para dos sistemas: solar fotovoltaico para la generación de energía eléctrica y solar térmico para el calentamiento de agua. En el desarrollo de este proyecto se ha hecho la medición diaria durante tres meses de la irradiación solar con un instrumento de medición solar Solarimetro MAC-SOLAR SLM018c-2, donde se determinó un valor promedio de irradiación solar de 1110,04 W/m² siendo las Horas Sol Pico (HSP) de 6,632 kWh/m²/d a una temperatura promedio de 34,04 °C en la ciudad de Juliaca, con un intervalo de tiempo óptimo desde las 9:00 hasta las 15:00 horas de irradiación solar continua en (HSP) durante el día, que ha permitido modelar el comportamiento la energía solar para el diseño sistemas fotovoltaicos y térmicos; además, se ha construido un módulo experimental de suelo radiante en una habitación bioclimática, que por recirculación de agua caliente por el piso llega a alcanzar una temperatura promedio de 20.93 °C desde las 6:00 hasta las 21:00 horas estando dentro de la zona de confort del Diagrama Psicométrico de Givoni y la Norma Técnica Peruana (NTP).

Palabras Claves: Energía solar, fotovoltaica, irradiación solar, térmica, radiante y vivienda bioclimática.

ABSTRACT

The objective of this research work is to determine solar energy for the bioclimatic design of houses in the city of Juliaca for two systems: solar photovoltaic for the generation of electric power and solar thermal for water heating. In the development of this project has made the daily measurement for three months of solar irradiation with a solar measuring instrument Solarimetro MAC-SOLAR SLM018c-2, where an average value of solar irradiation was determined of 1110,04 W/m² being the Peak Sun Hours (HSP) of 6,632 kWh / m² / gives an average temperature of 34,04 ° C in the city of Juliaca, with an optimum time interval from 9:00 am to 3:00 pm of continuous solar irradiation in (HSP) during the day, which has allowed modeling the behavior of solar energy for the design of photovoltaic and thermal systems; In addition, an experimental radiant floor module has been built in a bioclimatic room, which by recirculation of hot water through the floor reaches an average temperature of 20,93 °C from 6:00 am to 9:00 pm, being within the zone of comfort of the Givoni Psychometric Diagram and the Peruvian Technical Standard (NTP).

Keywords: Solar energy, photovoltaic, solar radiation, thermal, radiant and bioclimatic housing.

Autor para Correspondencia: rodrigo19_x@hotmail.com





INTRODUCCIÓN

Las energías renovables en el mundo representan más del 20 %, ocupando el cuarto lugar la energía solar basándose por el principio del efecto fotoeléctrico para la generación de electricidad y el efecto termosifón para el calentamiento de agua, esta energía representaría en el 2050 entre el 8 y el 15 % de la electricidad a nivel mundial. No siendo a corto y mediano plazo una alternativa completa (Bulei, Todor, Cornea, y Kiss, 2017). En el mundo moderno los edificios representan el 40 % de la energía total consumida y representan el 30 % de gases contaminantes aportantes al efecto invernadero, por ello se ve en la necesidad de usar energía alternativas eficaces como son las renovables para la calefacción, refrigeración y agua caliente, reduciendo el uso de combustibles fósiles para la generación de energía (Notton, 2017). Es importante mencionar que (Hands, Sethuvenkatraman, Peristy, Rowe, y White, 2016), desarrollo un trabajo titulado: Análisis de rendimiento y energía beneficios de un desecante basan sistema de trigeneración asistida solar en un edificio; donde un sistema de trigeneración solar a gran escala con desecante solar de aire acondicionado se ha instalado en un centro público en Australia. Para el período de análisis a partir de agosto 2012 hasta 07 2013, el agua caliente antes de la calefacción doméstica solar ha proporcionado en aproximadamente total de 47600 kWh de energía, ahorro de 5000 m³ de gas. Esto representa el 21 % del uso total de energía para agua caliente sanitaria. Además de las viviendas construidas para personas de bajos recursos en la ciudad de Mexicali por ser una zona con muy alta temperatura promedio de 40 °C en el verano adoptando la tecnología de ventilación cruzada con el uso de energía renovable (Gutiérrez, Romero, y Sotelo, 2014). En la investigación realizada en Tailandia en una vivienda bioclimática en el techo y muro reduciendo la temperatura de (1 - 2) °C usando la chimenea solar de doble capa (Ratanachotinun *et al.*, 2016). El diseño bioclimático es un concepto sostenible que considera al clima y a la relación con los seres humanos en un medio de preservación del medio ambiente (Zr y Mochtar, 2013). Las estrategias de diseño bioclimático se han propuesto durante décadas, sobre una base cualitativa, porque un enfoque cuantitativo, ineludiblemente basado en mediciones dinámicas o simulaciones, era demasiado expansivo y complejo, si la simulación evolucionó considerablemente, en los últimos años, en términos de velocidad, costo y difusión de las herramientas disponibles, su utilización aún se complica por la administración de una gran cantidad de datos por hora (De Angelis, Tagliabue, Cecconi, y Mainini, 2017). Debido a la importancia de los factores tecnológicos con el comportamiento de la energía renovable solar fotovoltaica con el estudio de la investigación titulada: Investigación del desempeño comparativo de los módulos fotovoltaicos de silicio mono y policristalinas para su uso en sistemas fotovoltaicos conectados a la red en los climas secos de (Edalati, Ameri, & Iranmanesh, 2015). En un proyecto realizado para medir la irradiación solar con los parámetros de tensión, corriente y temperatura con un módulo fotovoltaico usando un controlador Proporcional Integral (PI) en una placa dSpace 1104 (Hassboun, El Bahir, Aite Driss, y El Adnani, 2016).

En relación a este trabajo de (Hartner, Ortner, Hiesl, y Haas, 2015), titulado: Este a oeste - El ángulo de inclinación óptima y la orientación de los paneles fotovoltaicos desde una perspectiva del sistema eléctrico; se evalúa la compensación entre las pérdidas energéticas y las posibles reducciones de costes del sistema para el status Q y para incrementar las acciones de PV en el sistema. El valor de mercado al por mayor de las reducciones de PV y de combustible potencial y coste de CO₂ a través de la implementación de PV para diversos ángulos de inclinación y orientaciones en 23 regiones de Austria y Alemania se analizó utilizando datos sobre los precios de la electricidad y por el uso de un modelo de despacho de electricidad para grandes acciones de PV.





Considerando la energía solar como un recurso energético eficaz, económico y seguro, la Meseta de Qinghai-Tibet, la Meseta de Mongolia Interior y otras áreas de meseta que son ricas en recursos de energía solar tienen el potencial para desarrollar y utilizar recursos de energía solar a gran escala. Además, las tecnologías solares térmicas y fotovoltaicas han sido ampliamente aplicadas en los edificios debido al rápido desarrollo de las tecnologías de energía solar y la reducción gradual del costo de los equipos de utilización de energía solar. El uso de los recursos de energía solar en la zona de estudio se integran eficientemente en los últimos años (Rong, y Feng, 2016).

En la última década, España fue uno de los países que más activamente promovieron la generación de electricidad con fuentes de energía renovables. Esto posicionó al país, en 2008 y 2009, como el primero en capacidad termo solar en el mundo (y cuarto en energía eólica) y uno de los principales productores de energía fotovoltaica. Durante este tiempo, la expansión de estas tecnologías fue impulsada por regulaciones bastante favorables, que incluía una serie de subsidios a las inversiones y un sistema para la estabilidad de los precios de venta. Sin embargo, los déficits presupuestarios del gobierno, junto con el déficit del sector eléctrico, provocaron una reversión progresiva de este tipo de políticas que antes habían sido los motores de las energías renovables (Carreño-Ortega, Galdeano-Gómez, Pérez-Mesa, y del Carmen Galera-Quiles, 2017).

Finalmente en relación a este último mencionamos a (Girard, Gago, Ordoñez, y Muneer, 2016), con su obra titulada: *Perspectivas energéticas de España: Una revisión del potencial fotovoltaico y la exportación de energía*; donde España ha hecho esfuerzos en apoyo y desarrollo de energía solar para la generación de energía eléctrica de una manera sostenible para cumplir con el futuro de la energía y sus retos ambientales relacionados. Sin embargo, se enfrenta en realidad desestabilizadora y sin crisis económica precedente, que han impulsado el gobierno para bloquear incentivos fotovoltaicos y frenar el crecimiento del sector de la energía solar. La creciente utilización de la energía solar en el mundo gracias a la Condiciones Estándares de Medida (CEM), se observa una irradiación solar promedio en Malasia de 1004w/m² dentro de la Atmosfera (Affandi, Ghani, Ghan, y Pheng, 2015), observando en Latino América en el país de Uruguay una irradiación solar de 1002w/m² (Suárez, Abal, Musé, y Siri, 2014) y en la investigación que se hizo en el norte México con una irradiación solar máxima de 5Kwh/m²/día (Matsumoto *et al.*, 2014). Para estimar la media anual de irradiación solar diaria en las regiones montañosas de meseta, se usaron datos observados de 15 estaciones de radiación para validar diferentes métodos de estimación empírica sobre la meseta tibetana, para lograr un mejor rendimiento, el modelo de Ångström se mejoró utilizando la altitud y la presión del vapor de agua como factores principales (Jiangdong *et al.*, 2017). Para determinar la irradiación solar sin usar recursos muy costosos, se usó una caja térmica orientada al sur inclinada a 26,5 ° de la horizontal para las mediciones de radiación solar, además, los datos de radiación solar registrados se recuperaron para la ubicación del estudio y se utilizaron para desarrollar una correlación empírica polinomial de 4° orden derivada relacionó la fracción difusa con el índice de claridad, los componentes de radiación solar difusa y reflejada fueron esenciales en la predicción de la irradiación solar total en la superficie inclinada (Kiplangat Ronoh, 2017).

En el ámbito local de la ciudad de Juliaca, se conoce muy poco sobre las energías renovables, solar fotovoltaica y térmica, aunque en estos últimos años se ha ido masificando su uso en cuanto a la solar térmica en los colectores solares de tubo de vacío instalados en algunas viviendas, para lo cual el uso de la energía para el confort de viviendas bioclimáticas es una necesidad que si se usara la energía convencional sería muy costosa, pero si usaríamos energía que se pueda renovar y gratis además de no contaminar a nuestro medio ambiente sería muy beneficioso para la ciudad de Juliaca y otras ciudades.

MATERIALES Y MÉTODOS





El proyecto de investigación fue realizado en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román departamento de Puno. Ubicada en latitud sur 15° 29' 27", longitud oeste 70° 07' 37" con una altitud de 3824msnm.

Para medir la Irradiación Solar se utilizó un instrumento de medición portable MAC-SOLAR SLM018c-2 de precedencia alemana, un módulo solar fotovoltaico de 100 W, una terma solar de tubos de vacío de 140 litros, electrobomba para la recirculación de agua caliente, sensor PT-100, controlador de temperatura y modulo experimental de suelo.

Datos Obtenidos de la medición de Irradiación Solar, durante 3 meses (julio, agosto y setiembre) todos los días desde las 6:00 hasta las 17:00 horas con un intervalo de 30 min entre cada dato, considerando el promedio global de 3 meses. Para aplicar este método de Distribución, primeramente, determinaremos si tiene una distribución Simétrica (Campana de Gauss) o Asimétrica:

Para esto usaremos el método del Coeficiente de Karl Pearson:

$$A_s = \frac{3(\bar{x} - Md)}{S} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

\bar{x} = Media Aritmética

Md = Moda

S = Desviación Estándar

Donde el Coeficiente de Pearson es: $A_s = -1,1395$

Nota: El coeficiente de Pearson varía entre -3 y 3.

Si $A_s < 0$ → La Distribución será Asimétrica Negativa.

Si $A_s = 0$ → La Distribución será Simétrica.

Si $A_s > 0$ → La Distribución será Asimétrica Positiva.

Entonces la Distribución es **Asimétrica Negativa**.

Generamos la tabla 1, para determinar la Frecuencia Optima, en la que la Irradiación Solar sea igual o mayor que 1000W/m².

Tabla 1. Determinación de la frecuencia de la irradiación solar en la ciudad de Juliaca.

Clases	Corte	Frecuencia
1	455,88	2
2	619,42	0
3	782,96	3
4	946,5	3
5	1110,04	15

De la clase 5 con una Irradiación Solar dentro del Corte de 1110,04 W/m² se encuentran 15 valores parecidos, representado en el tiempo 14 intervalos de media hora sumando 7 horas de Irradiación Solar constante mayor a 1000 W/m². Mostrando la frecuencia en la figura 1, el cual se parece a la distribución Asimétrica Negativa. (tabla1).





Figura 1. Frecuencia de Repeticiones de la Irradiación Solar en la ciudad de Juliaca.

Tomando como base la distribución Asimétrica Negativa, Utilizaremos en programa Excel para determinar dicha distribución:

$$ISP = Min + n_i \times Incremento2.....(2)$$

Donde:

IPS = Irradiación Solar Promedio (W/m²)

n_i = Datos

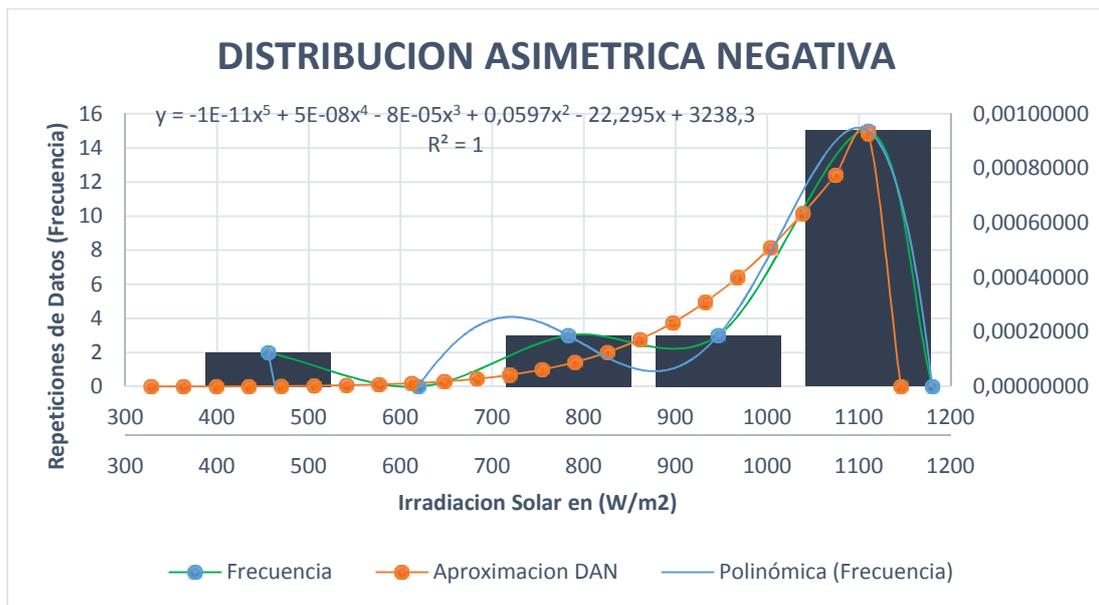


Figura 2. Aproximación por distribución asimétrica negativa y polinómica, comparando con la Frecuencia.

Comparando de Frecuencia con la figura 2 de Distribución Asimétrica Negativa, tiene un parecido similar con el cual este método se aproxima con la Distribución Asimétrica Negativa.

Usando la Interpolación Polinómica se obtiene un modelo matemático de 5º Grado con un alto valor de confianza de $R^2 = 99,29\%$, mostrado en la ecuación N° 11. (figura1).

$$I_R = -9606 + 3190,6t_{Hr} - 304,15t_{Hr}^2 + 4,9487t_{Hr}^3 + 0,6893t_{Hr}^4 - 0,0269t_{Hr}^5.....(3)$$

Donde:





I_R = Irradiación Solar Aproximada por modelo en Juliaca en W/m^2 .

t_{Hr} = Tiempo expresado en Horas.

Del resultado de la Distribución Asimétrica Negativa de la figura 2, con la figura 1 de frecuencias, 15 datos se aproximan a la Irradiación Solar de $1110,04 W/m^2$ (15 puntos con intervalos de tiempo de 30min). Para determinar las Horas Sol Pico promedio global por día (HSP), de los 15 datos tendrían 14 intervalos lo que equiva a 7 Horas.

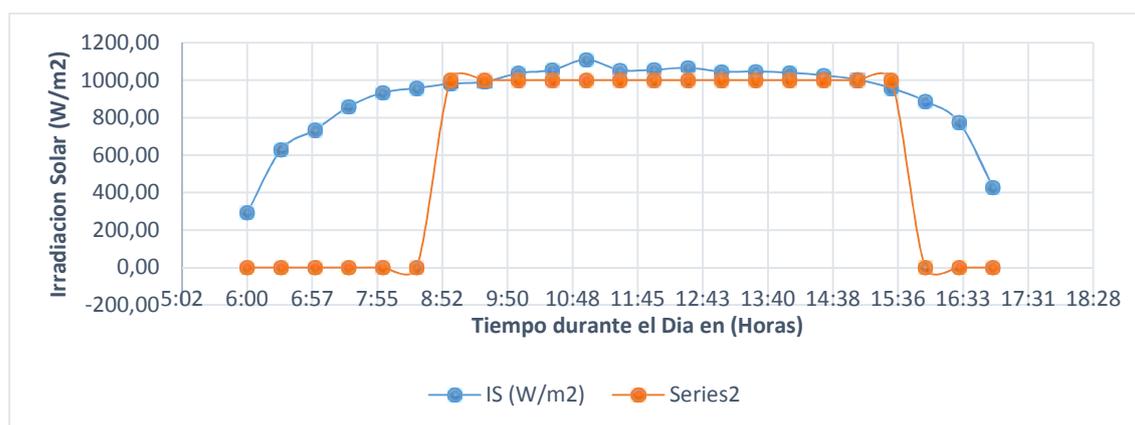


Figura 3. Hora Solar Pico (HSP) promedio en Juliaca de Julio a Setiembre del 2017.

Semuestra la Irradiación Solar promedio Global en (HSP) de $6,623 kWh/m^2/d$ que se da en el día, tomando como intervalo de trabajo el tiempo desde las 9:00 hasta la 13:00 horas como se observa en el grafico; además en la figura 4 realizado en MATLAB se puede observar la simulación de comportamiento de la energía solar (Irradiación Solar) expresado del gráfico de resultados que es la línea de color rojo y la aproximación matemática que es la línea de color verde.(figura 3)

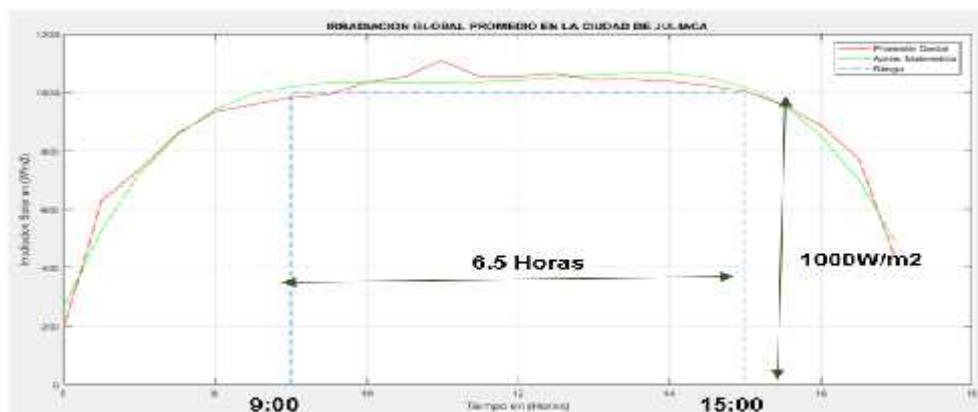


Figura 4. Hora Solar Pico promedio en Juliaca, MATLAB.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Utilizando un instrumento de medición de Irradiación Solar (Radiómetro MAC - SOLAR); donde se observó una irradiación solar máxima de $1291 W/m^2$ siendo las 11:45 am en la ciudad de Juliaca en el mes de setiembre del año 2017 y una irradiación solar promedio de $1110,04 W^2/m$ entre las 9:00 hasta las 15:00 horas, superando la irradiación solar promedio global de $1000 W/m^2$.





Además, tomando como base el SENAMHI; la energía solar incidente diaria promedio anual de los años (1975 - 1990), observados en la ciudad de Juliaca, mostrándose la zona de color amarillo oscuro en la figura 5 con valores entre (6 – 6,5) kWh/m²/d, usando en modelo Angstrom por (Jiandong *et al.*, 2017) se estimó la irradiación solar en la Meseta Tibetana entre (5,56 - 6,67) kWh/m²/d, en la investigación que se hizo en el norte México con una irradiación solar máxima de 5Kwh/m²/día (Matsumoto *et al.*, 2014); siendo la irradiación solar superior a este valor en la ciudad de Juliaca de (HSP) 6,623 kWh/m²/d.



Figura 5. Energía Solar Incidente Diaria Promedio Anual.

Fuente: (SENAMHI, 2017)

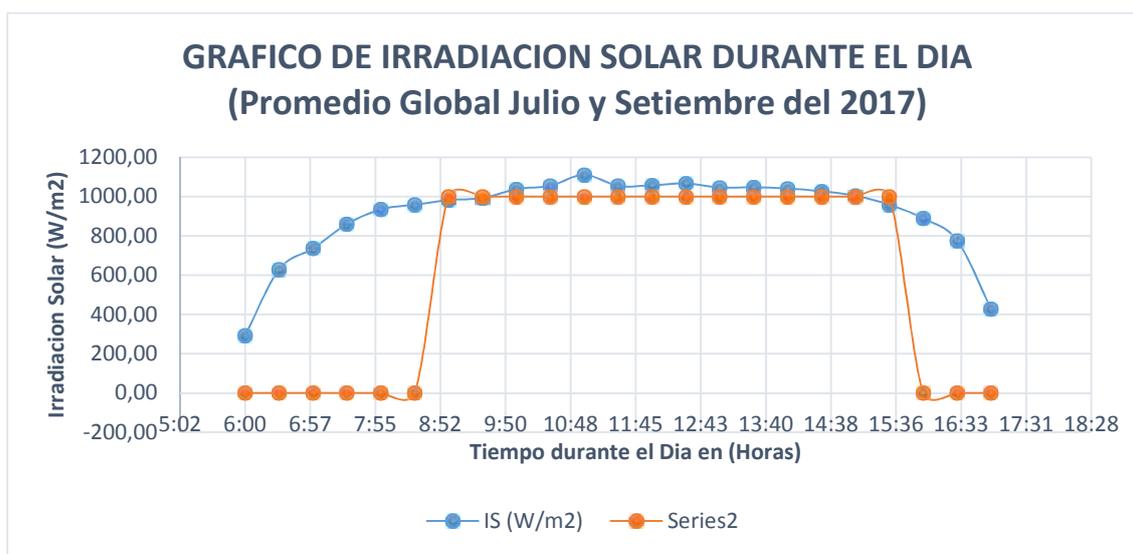


Figura 6. Irradiación Solar promedio mensual por día, la medición se realizó desde las 6:00 hasta 17:00 horas para determinar las (HSP).

La irradiación promedio de los tres meses expresado por día, considerando la irradiación aprovechable a partir de las 9:00 hasta las 15:00 horas obteniendo las (HSP) de la energía solar de 6,623 kWh/m²/d, para el dimensionamiento de sistemas Fotovoltaicos y Térmicos (Figura 6).



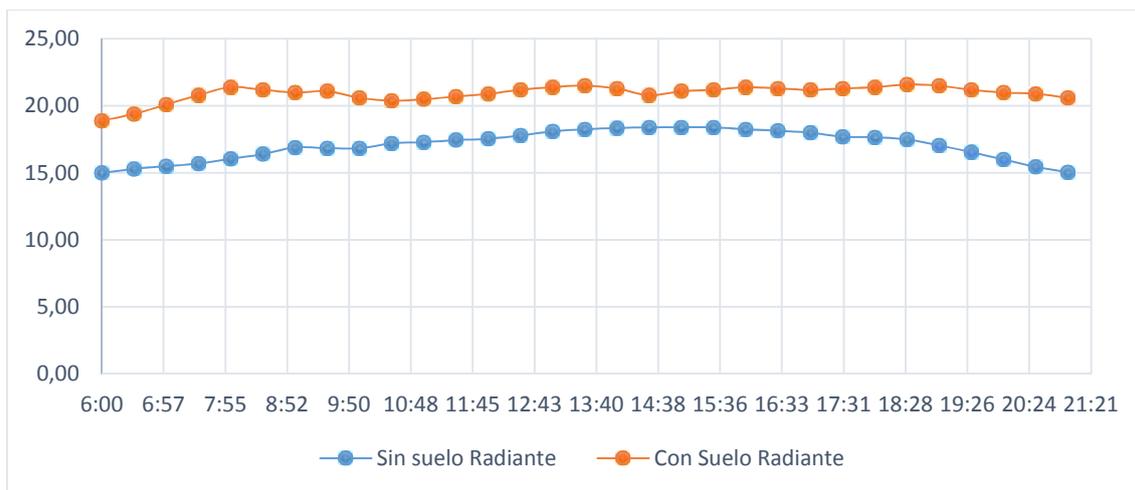


Figura 7. Comportamiento de la temperatura con y sin suelo radiante en Juliaca, dic. del 2017.

Se muestra el comportamiento de la temperatura en la línea de color azul sin usar un suelo radiante durante tres días teniendo un promedio de 17,07 °C durante el día. Además de puede observar la línea de color naranja donde se observa el comportamiento de la temperatura usando suelo radiante que es más elevada en aproximadamente (4 - 5) °C obteniéndose un promedio de 20,93 °C. Según la (Norma Técnica Peruana) NTP N° 501 de Ambientes Térmicos, establece la zona de confort térmico desde (17 - 27) °C, en el módulo experimental se llegó hasta un promedio de 20,93 °C encontrándose dentro de la NTP. Según el diagrama de Givoni, se estima una zona de confort de temperatura entre (20 – 27) °C, estando dentro de la zona de confort.(figura 7).

En el estudio titulado “Performance Study of a Dual-Function Thermosyphon Solar Heating System”, realizo por (Velmurugan, Christraj, Kulasekharan, & Elango, 2016) para diseñar termas solares, el autor considera en una evaluación de 3 días una Irradiación Solar pico máxima de 830 W/m² mostrado en la figura 8, lo cual en la ciudad de Juliaca se observa una Irradiación Solar promedio pico de 1110,04 W/m² medidos en 3 meses.

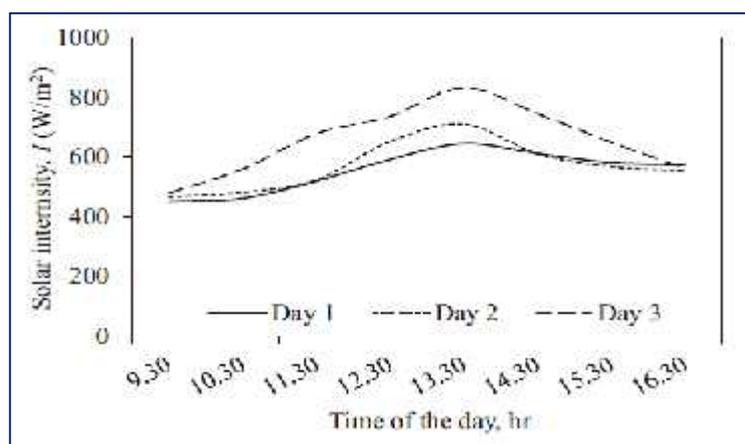


Figura 8. Variación de la Incidencia Solar diaria.

Fuente: (Velmurugan et al., 2016)

Comparando otra investigación hecha en Mumbai titulado “Impact of Solar Panel Orientation on Large Scale Rooftop Solar Photovoltaic Scenario for Mumbai”, realizado por (Singh & Banerjee, 2016) hace un estudio de la Irradiación Solar en el mes de febrero del 2015 observando que insolación



solar empieza desde las 8:00 y termina a las 18:30 horas llegando al punto máximo de 978 W/m^2 , considerando la zona de (HSP) desde las 10:30 hasta las 13:30 horas donde se muestra en la figura 9 teniendo un rango de trabajo de 3 Horas; en la ciudad de Juliaca se muestra un rango de trabajo promedio de 6,5 Horas mostrando más del doble.

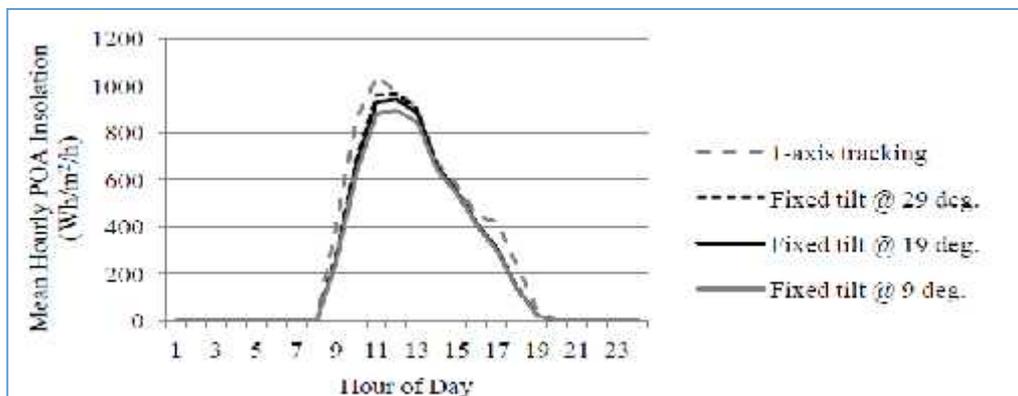


Figura 9. Insolación diaria en el mes de febrero del 2015.

Fuente: (Singh & Banerjee, 2016)

En la investigación titulada “Experimental implementation of meteorological data and photovoltaic solar radiation monitoring system” hecha por el autor (Rezk, Tyukhov, & Raupov, 2015) donde realizó un estudio de la incidencia solar potencial de Rusia evaluando la Irradiación Solar pico promedio por día de 812 W/m^2 el cual no llega a 1000 W/m^2 observándose en la figura 10, en la ciudad de Juliaca se sobrepasa los 1000 W/m^2 en un intervalo de tiempo de 6,5 Horas siendo una zona potencial para el aprovechamiento de la energía solar.

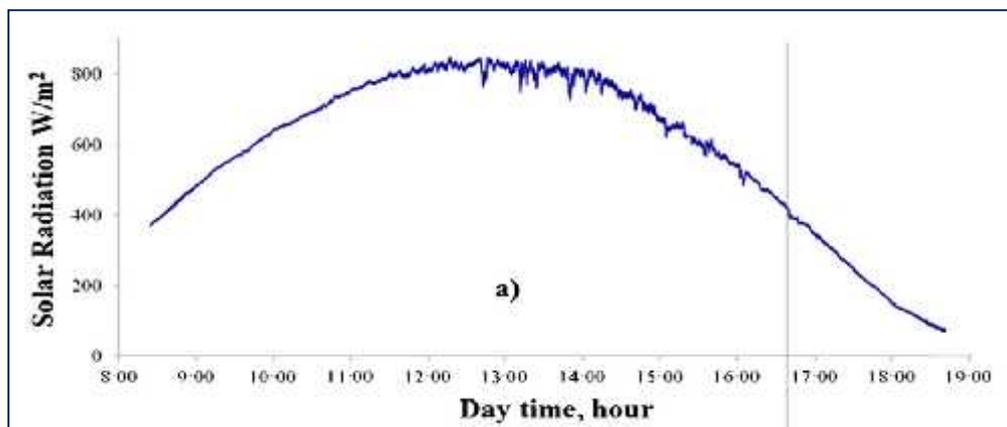


Figura 10. Incidente radiación Solar por el satélite NOAA.

Fuente: (Rezk et al., 2015)

Un estudio realizado por (Notton, 2017) en su obra titulada “Building integrated solar thermal systems presentation and zoom on the solar potential”, realizado en BIST (Barcelona Institute of Science and Technology) de Barcelona en un edificio bioclimatizado con energía solar demuestra que la Irradiación Solar pico en el mes de agosto es de 955 W/m^2 con una variación simétrica durante el día, pero en el mes de diciembre hay un incremento hasta 1098 W/m^2 pico con un promedio de 1047 W/m^2 en un intervalo de tiempo muy corto de 30 min de (HSP) mostrado en la figura 11, lo cual es muy poco para tener un buen rendimiento con equipos que trabajan con energía solar; lo que mencionamos anteriormente de la ciudad de Juliaca tiene un promedio pico de $1110,04 \text{ W/m}^2$ y un intervalo de tiempo 6,5 horas de (HSP).

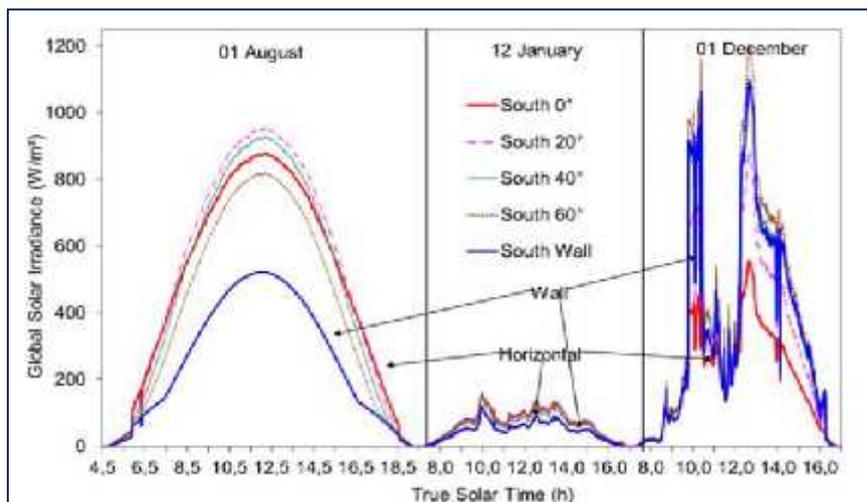


Figura 11. Influencia por la inclinación por tres días en Ajjacio.
Fuente: (Notton, 2017)

En el artículo científico titulado “Evaluación de corrientes descendentes de edificios de muros cortina de vidrio con un sistema de calefacción de piso radiante” por (Goosang Joe et al., 2017), para esta evaluación, se aplicó un sistema de calefacción por suelo radiante a las zonas perimetrales con diferentes tipos de ventana modelados utilizando una simulación de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) con una temperatura inicial entre (10-16) °C durante 24 horas. Los resultados de la simulación muestran que la diferencia de temperatura entre el aire suministrado a través del sistema de calefacción por suelo radiante y el aire que desciende a lo largo de la superficie fría de la ventana aumentó entre (18-20) °C mostrado en la figura 12, comparando con la investigación realizada en la habitación experimental se alcanza una temperatura promedio de 20,93 °C demostrando el aumento de temperatura gracias al uso de energía solar renovable.

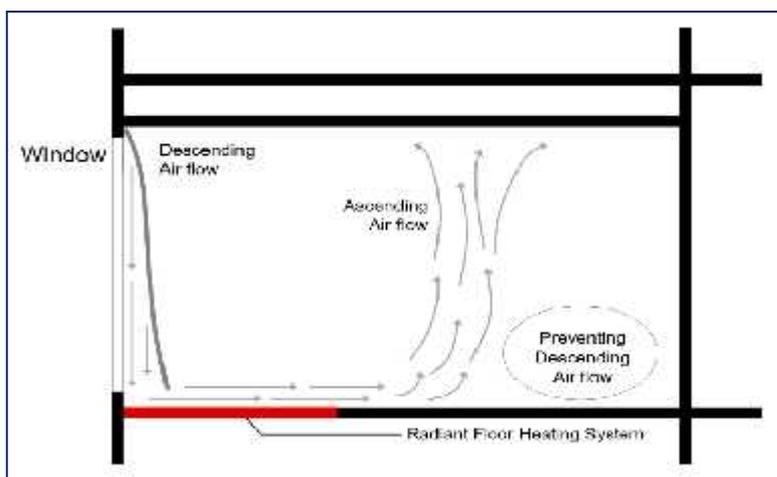


Figura 12. Flujo de aire por aplicación de RFHS.
Fuente: (Goosang Joe et al., 2017)

En la investigación titulada “Evaluación experimental del rendimiento térmico de los paneles de calefacción radiante integrados en suelo levantado” por (Dong-Woo, Goo-Sang, Sang-Hoon, Myoung-Souk, y Kwang-Woo, 2017), donde comparan tres tipos de calefacción de piso radiante integrados a pisos elevados de diferentes materiales de relleno para el aislamiento inferior del panel



obteniendo durante cinco horas temperaturas entre (20-29) °C mostrado en la figura 13, con lo que el suelo radiante de esta investigación llego a valores de (18,9-21,6) °C la cual se encontraría dentro de la zona de confort de (Givoni, 1969) y de la NTP.

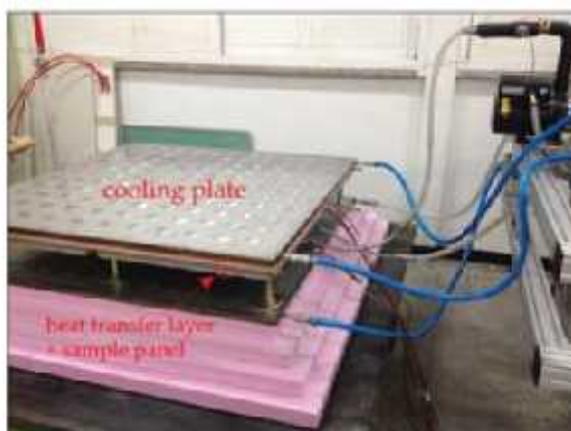


Figura 13. Módulo experimental del suelo radiante.
Fuente: (Dong-Woo et al., 2017)

CONCLUSIONES

Se determinó las variables de la energía solar, observándose una irradiación solar promedio global en días no nublados y sin lluvia de 1110,04 W/m² durante las 9:00 hasta 17:00 horas, el cual es mayor que las Condiciones Estándares de Medida (CEM) de 1000 W/m². Con esta Irradiación Solar funcionan eficientemente los sistemas Fotovoltaicos y Térmicos para el diseño de la vivienda bioclimática. Con los datos obtenidos de la irradiación solar se determinó el comportamiento de la energía solar expresado (HSP) de 6,623 kWh/m²/d, con este resultado se diseñó el sistema fotovoltaico y térmico en la ciudad de Juliaca para implementar un módulo experimental en una habitación usando el suelo radiante como medio bioclimático para obtener el confort adecuado.

En el módulo experimental bioclimático analizando los resultados con el sensor de temperatura instalado a 60cm de altura desde las 6:00 hasta las 21:00 horas, sin usar el suelo radiante la temperatura en el ambiente está en el rango de (15 – 18,40) °C con un promedio de 17,07 °C y cuando usamos el suelo radiante está en el rango de (18,90 – 21,60) °C con un promedio de 20,93 °C estando dentro de la zona de confort por la (NTP) N° 501 de (17 - 27) °C y del diagrama Psicométrico de Givoni.

LITERATURA CITADA

- Affandi, R., Ghani, A., Ghan, K. y Pheng, G. (2015). The Impact of the Solar Irradiation, Collector and the Receiver to the Receiver Losses in Parabolic Dish System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, 2382-2390. doi:10.1016/j.sbspro.2015.06.220
- Bulei, C., Todor, P., Cornea, D., y Kiss, I. (2017). Solar Air Heating Collectors in two Modular Solar Panels Build Into A Do-It-Yourself Type Project using Photovoltaic Cells and Recycled Aluminum Cans. *Acta Technica Corvinensis - Bulletin of Engineering*, 10(1), 44-49. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=121771782&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Carreño, A., Galdeano, E., Pérez, C., y del Carmen, M. (2017). Policy and Environmental Implications of Photovoltaic Systems in Farming in Southeast Spain: Can Greenhouses Reduce the Greenhouse Effect? *Energies (19961073)*, 10(6), 1-24. doi:10.3390/en10060761
- De Angelis, E., Tagliabue, C., Cecconi, R., y Mainini, G. (2017). A Simple Method for the Comparison of Bioclimatic Design Strategies Based on Dynamic Indoor Thermal Comfort Assessment for School Buildings. *Procedia Engineering*, 180, 870-880. doi:10.1016/j.proeng.2017.04.248





- Dong-Woo, K., Goo-Sang, J., Sang-Hoon, P., Myoung-Souk, Y., y Kwang-Woo, K. (2017). Experimental Evaluation of the Thermal Performance of Raised Floor Integrated Radiant Heating Panels. *Energies (19961073)*, 10(10), 1-18. doi:10.3390/en10101632
- Edalati, S., Ameri, M., y Iranmanesh, M. (2015). Comparative performance investigation of mono- and poly-crystalline silicon photovoltaic modules for use in grid-connected photovoltaic systems in dry climates. *Applied Energy*, 160, 255-265. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.064>
- Girard, A., Gago, J., Ordoñez, J., y Muneer, T. (2016). Spain's energy outlook: A review of PV potential and energy export. *Renewable Energy*, 86, 703-715. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.08.074>
- Givoni, B. (1969). *Man, Climate and Architecture* (E. a. s. series Ed.). New York: EE-UU.
- Goosang, L., Dongwoo Kim, A., Sanghoon, O., Sojeong Park, S., Myoungsouk Yeo, M., & Kwangwoo Kim, S. (2017). Downdraft Assessment of Glass Curtain Wall Buildings with a Radiant Floor Heating System. *Applied Sciences (2076-3417)*, 7(10), 1-23. doi:10.3390/app7101075
- Gutiérrez, T., Romero, R., y Sotelo, C. (2014). Thermal Energy Impact of Bioclimatic Techniques Applied to Low-income Housing in a Hot Dry Climate. *Energy Procedia*, 57, 1743-1752. doi:10.1016/j.egypro.2014.10.163
- Hands, S., Sethuvenkatraman, S., Peristy, M., Rowe, D., y White, S. (2016). Performance analysis & energy benefits of a desiccant based solar assisted trigeneration system in a building. *Renewable Energy*, 85, 865-879. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.013>
- Hartner, M., Ortner, A., Hiesl, A., y Haas, R. (2015). East to west – The optimal tilt angle and orientation of photovoltaic panels from an electricity system perspective. *Applied Energy*, 160, 94-107. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.08.097>
- Hassboun, T., El Bahir, L., Aite Driss, Y., y El Adnani, M. (2016). Solar irradiation estimator based on a self-calibrated reference solar cell. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 24(6), 4885-4899. doi:10.3906/elk-1502-167
- Jiandong, L., Tao, P., Deliang, C., Xiujie, Z., Qiang, Y., Flerchinger, N., Yanbo, S. (2017). An Improved Ångström-Type Model for Estimating Solar Radiation over the Tibetan Plateau. *Energies (19961073)*, 10(7), 1-28. doi:10.3390/en10070892
- Kiplangat, E. (2017). Prediction of total solar irradiance on tilted greenhouse surfaces. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 19(1), 114-121. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=123963817&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Matsumoto, Y., Valdés, M., Urbano, A., Kobayashi, T., López, G., y Peña, R. (2014). Global Solar Irradiation in North Mexico City and Some Comparisons with the South. *Energy Procedia*, 57, 1179-1188. doi:10.1016/j.egypro.2014.10.105
- Notton, G. (2017). Building integrated solar thermal systems presentation and zoom on the solar potential. *Romanian Journal of Civil Engineering / Revista Romana de Inginerie Civila*, 8(1), 1-11. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=121604920&lang=es&site=eds-live&scope=site>
- Ratanachotinun, J., Kasayapanand, N., Hirunlabh, J., Visitsak, S., Teekasap, S., y Khedari, J. (2016). A design and assessment of solar chimney of bioclimatic house wall and roof for construction in the housing market of Thailand. *Building Services Engineering Research & Technology*, 37(6), 694-709. doi:10.1177/0143624416647761
- Rezk, H., Tyukhov, I., y Raupov, A. (2015). Experimental implementation of meteorological data and photovoltaic solar radiation monitoring system. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 25(12), 3573-3585. doi:10.1002/etep.2053
- SENAMHI. (2017). Parametros Climatologicos Promedio en Juliaca.
- Si, P., Lv, Y., Liu, X., Rong, X., y Feng, Y. (2016). An Optimization Model Applied to Active Solar Energy System for Buildings in Cold Plateau Area. *Energy Procedia*, 88, 443-449. doi:10.1016/j.egypro.2016.06.022
- Singh, R., y Banerjee, R. (2016). Impact of Solar Panel Orientation on Large Scale Rooftop Solar Photovoltaic Scenario for Mumbai. *Energy Procedia*, 90, 401-411. doi:10.1016/j.egypro.2016.11.207
- Suárez, A., Abal, G., Musé, P., y Siri, R. (2014). Satellite-derived Solar Irradiation Map for Uruguay. *Energy Procedia*, 57, 1237-1246. doi:10.1016/j.egypro.2014.10.072
- Velmurugan, K., Christraj, W., Kulasekharan, N., & Elango, T. (2016). Performance Study of a Dual-Function Thermosyphon Solar Heating System. *Arabian Journal for Science & Engineering (Springer Science & Business Media B.V.)*, 41(5), 1835-1846. doi:10.1007/s13369-015-1994-1
- Zr, D. L., y Mochtar, S. (2013). Application of Bioclimatic Parameter as Sustainability Approach on Multi-story Building Design in Tropical Area. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 822-830. doi:10.1016/j.proenv.2013.02.100

