

Design and analysis of a photovoltaic solar system using PV Syst software in a shopping center in Lima, Perú

Jean Piere Soto Ramos¹, Rider Adler Vilca Santillan¹, Daniela M. Anticona-Valderrama, Ph.D¹, Marco Antonio Tomaylla Huamani, Msc¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17304084@utp.edu.pe, U17300897@utp.edu.pe, c18620@utp.edu.pe, c21901@utp.edu.pe.

Abstract-- Currently, the entire world is undergoing drastic changes in terms of pollution from CO2 emissions, which is highly polluting if we want to take care of the environment. In the last ten years, the acceptance and implementation of photovoltaic equipment has grown by 40 percent. This has caused countries like Pakistan to look to the future and launch an ambitious project with renewable energy sources to supply all educational institutions in their country. For the generation of electricity, fuel, gas, and coal are used, all of which are highly polluting. It is necessary to focus on clean energy sources, specifically on solar photovoltaic energy. In this scenario, in Peru, photovoltaic system installations have been carried out under the regional program for isolated rural electrification in the Tacna region. Therefore, to address this problem, this research suggests the implementation of a photovoltaic system that is friendly to the environment, economical, and reliable. To measure the energy that will be produced, meteorological and geographic data are collected. In the open plaza shopping center in Lima, Peru has (Latitude: 77°00'40.7" W, longitude: 12°06'42.0" S). Lima is one of the departments that has a higher solar irradiation. Likewise, it has a global horizontal diffuse irradiation of 6,316 kWh/m²/day, and a temperature of 23.96°C. For this design, the PV Syst software is used to calculate the performance coefficient, power losses, efficiency of solar modules and solar trajectory. From the results obtained, a production of 284.7 MWh and a maximum energy generation of 27,463 KWh are estimated. The modeling of this system will contribute to the study, design and criteria for the implementation of photovoltaic systems.

Keywords-- PV Syst, Photovoltaic System, Peru, Shopping Center.

Diseño y análisis de un sistema solar fotovoltaico mediante el software PVSyst en un centro comercial Lima-Perú

Jean Piere Soto Ramos¹, Rider Adler Vilca Santillan¹, Daniela M. Anticona-Valderrama, Ph.D¹, Marco Antonio Tomaylla Huamani, Msc¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U17304084@utp.edu.pe, U17300897@utp.edu.pe, c18620@utp.edu.pe, c21901@utp.edu.pe.

Abstract-- En la actualidad el mundo entero atraviesa cambios drásticos en cuanto a la contaminación por emisiones de CO₂, siendo altamente contaminante si queremos cuidar el medio ambiente. En los últimos diez años la aceptación e implementación de equipos fotovoltaicos tuvo un crecimiento del 40 por ciento. Esto origina que países como Pakistán miren a futuro y pongan en marcha un proyecto ambicioso con fuentes de energía renovable para suministrar a todas las instituciones educativas de su país. Para la generación de energía eléctrica se emplea el uso de combustible, gas, carbón, todos ellos siendo altamente contaminante. Siendo necesario centrarnos en las fuentes de energía limpias, específicamente en energía solar fotovoltaica. En este escenario, en el Perú se viene ejecutando instalaciones de sistemas fotovoltaicos bajo el programa regional de electrificación rural aislada en la región de Tacna. Es por ello, para hacerle frente a este problema la presente investigación sugiere la implementación de un sistema fotovoltaico, amigable con el medio ambiente, económico, confiable, para dimensionar la energía que se producirá se recogen datos meteorológicos y geográfica. En el centro comercial open plaza de lima, Perú cuenta con (Latitud: 77°00'40.7"W, longitud: 12°06'42.0"S). Lima es uno de los departamentos que tiene una irradiación solar más alta. Asimismo, cuenta con una irradiación horizontal global difusa de 6.316 kWh/ m²/día, y con una temperatura de 23.96°C. Para este diseño, se utiliza el software PVSyst para el cálculo de coeficiente de rendimiento, las pérdidas de potencia, eficiencia de los módulos solares y trayectoria solar. De los resultados obtenidos se estima una producción de 284.7 MWh y una generación de energía máxima de 27463 KWh. El modelado de este sistema aportara en el estudio, diseño y criterios para la implementación de los sistemas fotovoltaicos.

Keywords--PVSyst, Sistema Fotovoltaico, Perú, Centro Comercial

I. INTRODUCCIÓN

El consumo y la generación de energía eléctrica es una de las principales preocupaciones en el ámbito social y económico. Según estudios del The World Energy Council, pronostican que para el año 2100 el 70% de la energía consumida por el usuario final será de origen solar [1]. Con el aumento de la población y las economías emergentes se estima que el año 2050 el consumo mundial de los recursos serán 3 veces que el consumo actual, todo ello influirá considerablemente en el cambio climático [2]. Se estima que el sector energético aporta el 70% de las emisiones de CO₂ a nivel mundial, siendo altamente contaminado si se quiere luchar contra el cuidado del medio ambiente [3]. El consumo descontrolado de combustibles fósiles a sumado grandes aportes de emisión a la atmósfera en un poco más de 2 585 000 millones de

toneladas de CO₂ [4]. Los sistemas fotovoltaicos son energías limpias, aprovechan los recursos renovables y no contaminan el medioambiente, lo cual posibilita la viabilidad del proyecto[5]. La implementación de lo último en tecnología es el Angulo de inclinación óptima, para obtener la máxima cantidad de energía producida por los paneles en las diferentes estaciones del año [6]. Por otra parte, para aprovechar el máximo el rendimiento del sistema fotovoltaico es muy importante los parámetros como la temperatura, el viento, la lluvia, la contaminación. [7] En este contexto, la energía renovable es una de las fuentes ilimitadas con rendimiento al 90% [8].

El mundo está encaminado a adaptarse a otras fuentes de energía, las reservas de petróleo y carbón están en declive. En los últimos diez años la aceptación e implementación de equipos fotovoltaicos crece en más de 40% [9]. Esto impulso a países como Pakistán pongan en marcha un proyecto ambicioso con fuentes de energía solar [8]. Lo propio se está haciendo en cuba, hasta el año 2021 tiene instalados 72 parques fotovoltaicos con una potencia que supera los 226 MW [10] . La energía solar es una fuente ilimitada que puede aprovecharse en cualquier país por su alta eficiencia y rendimiento [8].

El desconocimiento y aplicación de energía renovables en el Perú están olvidados. Esto se originó hace tres décadas donde se adoptó el uso de energía eléctrica propia de corriente alterna. En el Perú se viene implementando la instalación de sistemas fotovoltaicos en la zona sur [11].

Este diseño presenta los resultados provenientes de simulaciones en una zona de lima con parámetro de localización actual. El objetivo primordial es cubrir un treinta por ciento de la energía consumida de todo el establecimiento y producir energía solar fotovoltaica para el centro comercial, lima, Perú, para reducir los recargos de energía.

II. UBICACION

El centro comercial está situado en la ciudad de Lima, en el centro del distrito de Surquillo, Perú. La longitud y latitud del centro comercial son 12°06'38.7" y 77°00'30.9", respectivamente. Y la superficie total del centro comercial es de alrededor de 28,592.26 m². El centro comercial consta con 130 tiendas y 40 módulos de venta.

El centro comercial cuenta con amplio estacionamiento al aire libre en la parte alta, lo cual convierte en un lugar idóneo para la instalación y generación de energía solar con el fin de satisfacer sus necesidades.

La elección de la ubicación de Lima la convierte sin duda en la ciudad ideal para explotar los recursos de la energía solar. El índice de la potencia fotovoltaica específica en Surquillo según Atlas Solar Mundial la irradiación global inclinada en un ángulo óptimo diario es 4.709 KWh/m². [12], lo que cubrirá las necesidades energéticas del centro comercial y también cubrirá a aumentar su economía.

III. MODELADO DEL SISTEMA

Este capítulo contiene principalmente la metodología de investigación con un enfoque descriptivo y cuantitativo. En primer lugar, se describe el proceso de estimación de la demanda de carga del emplazamiento y los datos de previsión. En segundo lugar, se aclaran los parámetros operativos. En tercer lugar, se explica ampliamente la evaluación de recursos de energía solar fotovoltaica, que incluye el método de estimación que se da como entrada a PVSyst. El software Pvsyst es reconocido y aplicable internacionalmente por diversos investigadores. [13]. En cuarto lugar, se ha diseñado el sistema fotovoltaico y su configuración. Además, la evaluación de componentes proporciona una breve información para el dimensionamiento del sistema.

Es uno de los factores importantes en el diseño del parque de módulos solares fotovoltaicos. Se define como la cantidad de energía emitida por el sol que incide en un cuadrado de 1 metro por segundo fuera de la atmósfera terrestre. Por tanto, es la cantidad de energía que incide sobre la unidad de superficie en la unidad de tiempo.

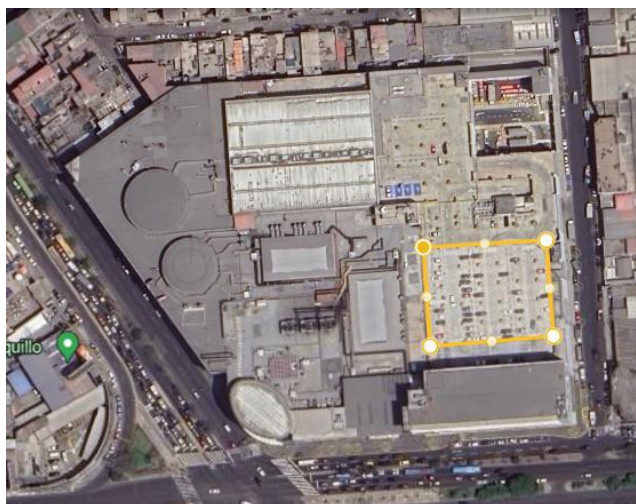


FIGURA 1: Ubicación propuesta para el diseño del sistema fotovoltaico.

La FIGURA 1 muestra el área considerada para el parque solar fotovoltaico en el centro comercial en Lima, que es de alrededor de 646 m² representados por las líneas amarillas. La longitud de esta área es de alrededor de 12°06'42.0"S y una latitud de 77°00'40.7"W. Los parámetros antes mencionados se han diseñado y calculado para obtener la mejor eficiencia

en esta zona, como indica la figura. Los demás factores y parámetros importantes de esta localización también se calculan y se presentan en el cuadro.

TABLA I
PARÁMETROS DE LA UBICACIÓN SELECCIONADA PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Superficie total del parque fotovoltaico	646 m ²
Longitud y latitud	12°06'42.0"S 77°00'40.7"W
Irradiación horizontal global	6.316 kWh/ m ² /día
Irradiación difusa horizontal	3.011 kWh/ m ² /día
Temperatura ambiente	23.96°C



FIGURA 2: Vista dimensional de la zona de 646 m² prevista para el sistema fotovoltaico a diseñar.

En la Figura 2 se muestra la zona que, por sus condiciones ofrece mayores beneficios para el proyecto en el futuro.

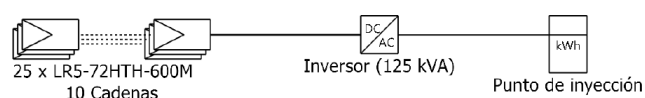


FIGURA 3: Esquema del sistema completo.

La FIGURA 3, hace referencia a la cantidad de módulos en cadena y serie seleccionado para el diseño del sistema, como también el inversor y el punto de inyección.

3.1 Sistema de alimentación CC

El sistema procesa la generación de corriente continua y la gestiona. El módulo FV es una de las partes más importantes del sistema de generación de energía solar. En el mercado existen muchos tipos de módulos solares fotovoltaicos para el sistema de energía solar. La TABLA 2 muestra las eficiencias de los distintos tipos de módulos solares.

TABLA II
EFICIENCIAS DE DISTINTOS MÓDULOS SOLARES DEL DISEÑO DEL SISTEMA.

Tipo de placa solar	Porcentaje de eficiencia de los <u>módulos solares fotovoltaicos</u>
Lamina delgada	7-10%

Monocristalino	12-16%
Silicio amorfo	6-8%
Policristalino	12-18%

Para el proyecto se ha preferido el silicio Este módulo es de buena opción debido a su alta eficiencia ya que están diseñadas para captar la luz de manera óptima y minimizar pérdidas, cuenta con un índice de eficiencia 21,7%. [14]. Después el inversor se usa para convertir la corriente continua solar en corriente alterna. El inversor CANADIAN SOLAR INC. CSI-125KTL-GI-E, es una alternativa rentable y aprobada por NRTL, los inversores están diseñados modularmente que proporcionan un alto rendimiento y permiten importantes ahorros de costos de BoS. Proporcionan hasta un 98,8 % de eficiencia de conversión y un amplio rango operativo para una máxima recolección de energía. [15].

3.2 Sistema de alimentación AC

El sistema procesa todos los componentes que se ocupan en corriente alterna. El rendimiento del sistema de energía solar depende en gran medida del entono. Por ejemplo, a medida que aumenta la irradiancia, sin duda aumentará la potencia de salida, pero aquí, una cosa es más importante que si la temperatura del panel comenzará a aumentar, se reducirá la eficiencia del sistema. Las nubes o los días húmedos crean un obstáculo en la generación de energía, ya que las longitudes de onda del espectro dejan las radiaciones difusada y empiezan a absorberse en la atmósfera. En resumen, serán las longitudes de onda de baja energía las que lleguen a la tierra, lo que no es suficiente para cubrir los huecos de banda de energía del módulo fotovoltaico.

3.4 Inversor

Para este proyecto se utiliza el inversor CS-125KTL-GI-E de 125 kVA para suprimir los armónicos que se forman en el sistema tras la conversión de CC a CA. Las especificaciones del inversor se muestran en la TABLA 3.

TABLA III
ESPECIFICACIONES DEL INVERSOR UTILIZADO.

Capacidad del inversor en kVA	125 kVA
Eficiencia	98.8%
Entrada de voltaje en DC	860-1450 V

3.5 Módulos FV

Vamos a seleccionar el panel FV con una potencia nominal de 600 W. Utilizando la fórmula matemática podemos calcular el número de módulos FV necesarios para diseñar el sistema solar FV.

$$\text{N}^\circ \text{ de paneles FV} = \frac{\text{MW totales necesarios}}{\text{Calificación de la unidad fotovoltaica individual}}$$

El nombre del modelo es LR5-72HTH-600M. En la TABLA 4 figuran otras especificaciones del panel solar.

TABLA IV
ESPECIFICACIONES DEL PANEL FOTOVOLTAICO USADO PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA.

Nº	Nombre del parámetro	Medición
1	Potencia máxima	600 Wp
2	Tensión en el punto de máxima potencia	44.66 V
3	Corriente en el punto de máxima potencia	13.44 A
4	Tensión en circuito abierto	52.81 V
5	Corriente de cortocircuito	14.46 A
6	Eficiencia total	23.1 %
7	Tiempo de vida	25 años

3.6 Mapa GIS solares

Los mapas de recursos solares se obtienen a partir de SOLARGIS mostrado en la FIGURA 4, que muestra un inmenso potencial solar en Perú.

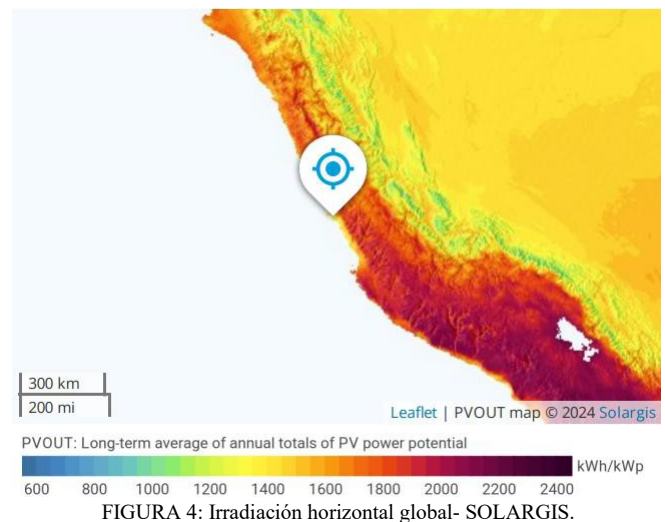


FIGURA 4: Irradiación horizontal global- SOLARGIS.

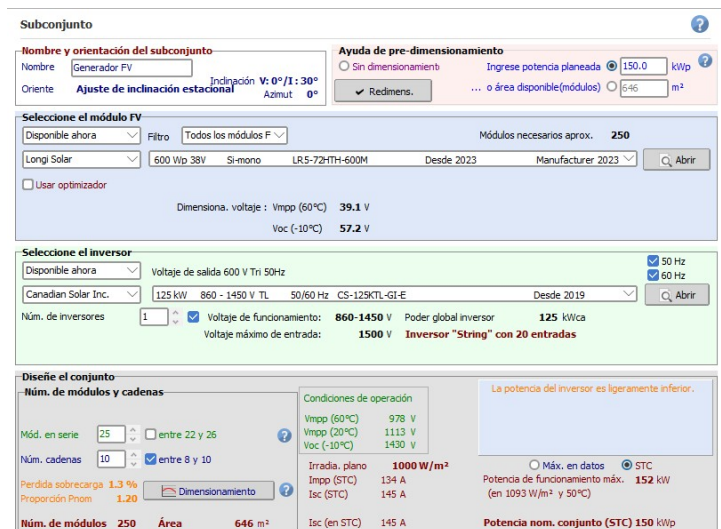


FIGURA 5: Modelado del sistema fotovoltaico en PVsyst.

En la FIGURA 5, se selecciona en el software PVsyst el módulo e inversor elegido para el diseño del sistema

fotovoltaico, como también la distribución de módulos en serie y cadena.

Resumen de datos introducidos al PVsyst en la FIGURA 5

Potencia Planeada	150 kWp
Área disponible para módulos	646 m ²
Módulo (Longi Solar)	600Wp
Inversor (Canadian Solar Inc.)	125 kW
Cantidad de módulos en serie	25
Cantidad de módulos en cadenas	10

IV. RESULTADO

Los resultados basados en la irradiancia global anual y Mateo se representan en la TABLA 6, necesarios para la simulación del proyecto. Los valores de Mateo son importantes porque ayudarán a decidir el potencial de energía renovable en el emplazamiento deseado.

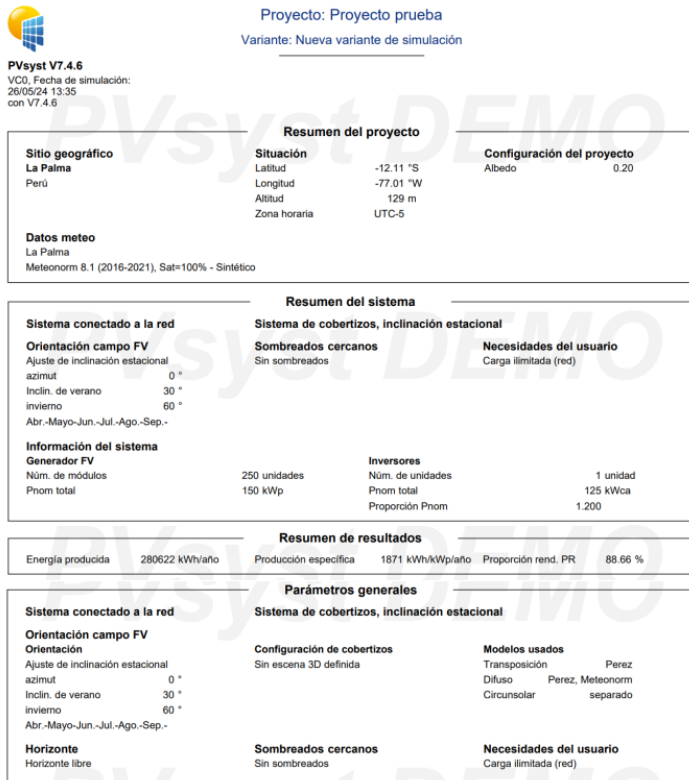


FIGURA 6: Parámetros de simulación.

TABLA V
DATOS METEOROLÓGICOS Y ENERGÍA INCIDENTE.

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	WindVel	GlobInc	DiffInc	Alb_Inc	Diff_GI
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	m/s	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	proporción
Enero	217.5	74.11	22.67	3.7	171.6	39.09	2.913	0.000
Febrero	189.1	78.13	23.45	3.3	165.2	38.71	2.532	0.000
Marzo	216.1	64.22	22.79	3.0	211.9	30.10	2.894	0.000
Abril	189.3	54.67	20.44	2.8	181.0	25.86	9.459	0.000
Mayo	171.9	46.09	18.72	2.6	198.6	23.47	8.584	0.000
Junio	148.1	49.06	17.39	2.5	183.8	24.94	7.398	0.000
Julio	162.0	47.28	17.03	2.8	196.4	23.87	8.094	0.000
Agosto	157.5	68.11	16.28	2.8	160.4	33.47	7.865	0.000
Septiembre	165.0	69.15	16.19	3.1	134.5	33.51	8.245	0.000
Octubre	194.7	81.58	17.42	3.2	177.1	41.80	2.608	0.000
Noviembre	201.2	79.06	18.58	3.3	163.7	39.72	2.695	0.000
Diciembre	217.2	77.01	20.76	3.6	165.9	38.78	2.909	0.000
Año	2229.4	788.45	19.29	3.1	2110.1	393.33	66.195	0.000

La TABLA 5, menciona los datos meteorológicos y energía que incide en la ubicación elegida, estos datos son proporcionados por el PVsyst.

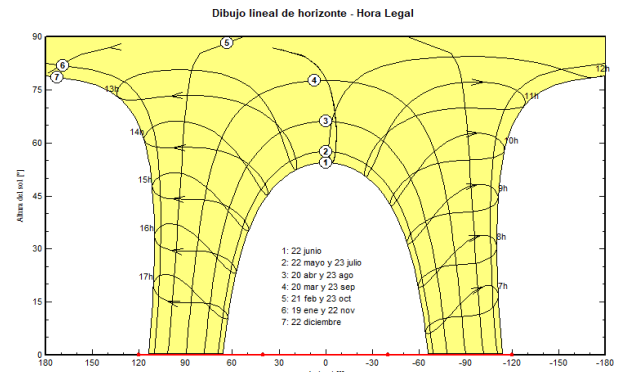


FIGURA 7: Trayectoria solar.

La FIGURA 7 muestra las trayectorias solares durante todo un año en el lugar seleccionado para la instalación de la planta solar.

El coeficiente de rendimiento PR es del 88.7 %.

La energía total producida es de 280.6 MWh/año.

La energía máxima generada es de 27463 kWh en marzo y la mínima de 18064 kWh en septiembre. Otro dato importante son los resultados de irradiación horizontal global anual, las energías, la potencia de salida y la eficiencia del sistema.

La mayor energía alcanzada fue de más de 1050 kilovatios hora al día en enero, con una temperatura del módulo de 22.67°C y una eficiencia de la planta alrededor de 86.8%. La producción total de energía del conjunto solar fotovoltaico es de 284.7 MWh. La FIGURA 8 muestra la producción normalizada por kWp instalado. La TABLA 6 muestra los principales resultados del sistema obtenido del PVSyst.

4.1 Ratio de rendimiento

El PR medio anual es del 88.7 % para la planta fotovoltaica del centro comercial, con un PR máximo de 90.7 % en agosto y un PR mínimo del 86.4 % en marzo. La TABLA 7 muestra la eficiencia de rendimiento normalizada de la planta. La FIGURA 9 muestra el coeficiente de rendimiento obtenido PR en función del mes.

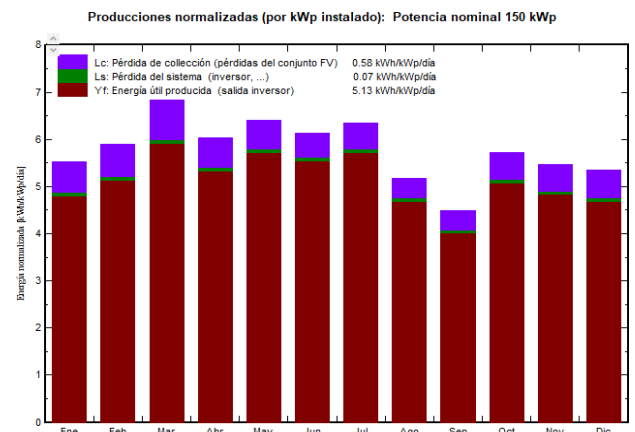


FIGURA 8: Producción normalizada de kWp instalada.

La FIGURA 8, muestra los resultados de producciones normalizadas en el cual detalla las pérdidas en el colector, pérdidas en el sistema y la energía útil producida.

TABLA VI
BALANCES Y PRINCIPALES RESULTADOS
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh	E_Grid kWh	PR proporción
Enero	217.5	74.11	22.67	171.6	165.2	22650	22331	0.868
Febrero	189.1	78.13	23.45	165.2	160.6	21873	21570	0.871
Marzo	216.1	64.22	22.79	211.9	207.5	27844	27463	0.864
Abril	189.3	54.67	20.44	181.0	176.7	24351	24022	0.885
Mayo	171.9	46.09	18.72	198.6	196.1	26993	26632	0.894
Junio	148.1	49.06	17.39	183.8	181.8	25268	24933	0.904
Julio	162.0	47.28	17.03	196.4	194.2	26945	26587	0.902
Agosto	157.5	68.11	16.28	160.4	157.2	22118	21826	0.907
Septiembre	165.0	69.15	16.19	134.5	129.6	18324	18064	0.896
Octubre	194.7	81.58	17.42	177.1	172.4	23958	23627	0.890
Noviembre	201.2	79.06	18.58	163.7	158.4	22053	21751	0.886
Diciembre	217.2	77.01	20.76	165.9	159.8	22121	21816	0.876
Año	2229.4	788.45	19.29	2110.1	2059.6	284498	280622	0.887

La TABLA 6, muestra resultados de rendimiento del sistema en relación a los meses del año.

TABLA VII
COEFICIENTES DE RENDIMIENTO NORMALIZADO
Coeficientes de rendimiento normalizados

	Yr kWh/m ² /día	Lc kWh/KVp/día	Ya kWh/KVp/día	Ls kWh/KVp/día	Yf kWh/KVp/día	Lcr proporción	Lsr proporción	PR proporción
Enero	5.53	0.66	4.87	0.07	4.80	0.120	0.012	0.868
Febrero	5.90	0.69	5.21	0.07	5.14	0.117	0.012	0.871
Marzo	6.83	0.85	5.99	0.08	5.91	0.124	0.012	0.864
Abril	6.03	0.62	5.41	0.07	5.34	0.103	0.012	0.885
Mayo	6.41	0.60	5.80	0.08	5.73	0.094	0.012	0.894
Junio	6.13	0.51	5.62	0.07	5.54	0.084	0.012	0.904
Julio	6.34	0.54	5.79	0.08	5.72	0.085	0.012	0.902
Agosto	5.18	0.42	4.76	0.06	4.69	0.081	0.012	0.907
Septiembre	4.48	0.41	4.07	0.06	4.01	0.091	0.013	0.896
Octubre	5.71	0.56	5.15	0.07	5.08	0.098	0.012	0.890
Noviembre	5.46	0.56	4.90	0.07	4.83	0.102	0.012	0.886
Diciembre	5.35	0.60	4.76	0.07	4.69	0.111	0.012	0.876
Año	5.78	0.58	5.20	0.07	5.13	0.101	0.012	0.887

La TABLA 7, muestra los coeficientes de rendimiento normalizado obtenido por el PVsyst.

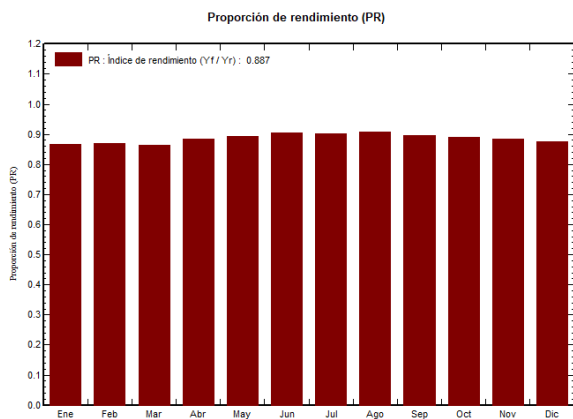


FIGURA 9: Proporción de rendimiento (PR)

La FIGURA 9, muestra mediante la gráfica el índice de proporción anual del sistema fotovoltaico.

4.2 Rendimiento de pérdidas

El factor más importante que debe tenerse en cuenta en el diseño son las pérdidas del sistema eléctrico. Desempeña un papel importante en el cálculo de la producción de energía. El GHI es de 2229 kWh/m², y la irradiación eficiente que incide durante el día en el colector es casi 2060 kWh/m². Así, básicamente, la pérdida total del sistema en la energía es del

1.2 %. La FIGURA 10 muestra el diagrama de pérdidas a lo largo de todo el año.

Cuando la energía solar incide sobre el panel solar, se convierte en energía eléctrica, y después de la transferencia, la energía normal principal del conjunto es de unos 310 MWh, y la eficiencia del conjunto de sistemas solares fotovoltaicos en ese momento es del 23.31 %, por lo que podemos decir que la potencia virtual obtenida es de unos 284.7 MWh, y tras las pérdidas en la sección del inversor, la cantidad de energía obtenida de la salida del inversor es de 280.6 MWh, que se usará para el consumo del centro comercial.

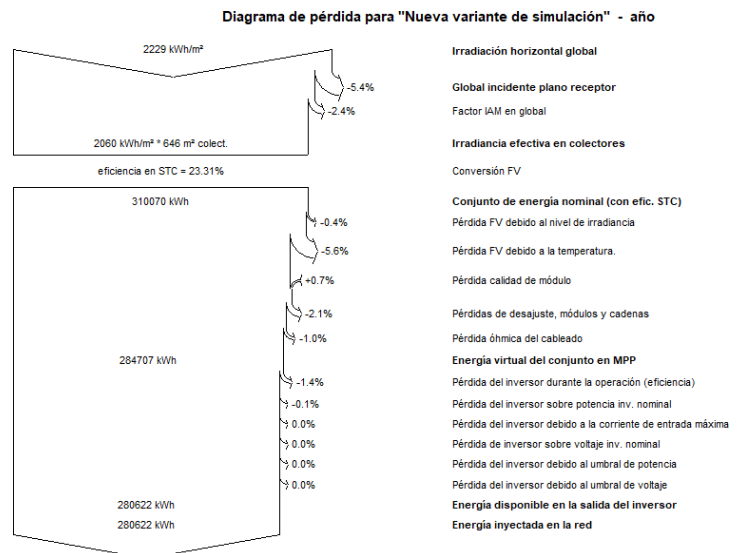


FIGURA 10: Diagrama de pérdidas a lo largo de todo el año.

V. CONCLUSIÓN

Esta investigación resume el sistema solar fotovoltaico del centro comercial con informes detallados sobre la producción anual, las pérdidas de energía en la planta y el impacto futuro en relación con la escasez de la crisis energética. Algunas de las conclusiones que se extraen de la investigación exhaustiva de la ubicación y el sistema son las siguientes:

- La energía máxima generada por el sistema es de 27463 kWh que se extrae en marzo y la energía mínima generada es de 18064 kWh en septiembre.
- La producción total de la energía del sistema es de 284.7 MWh.
- El consumo anual del centro comercial es de 15800 MWh, por lo que la energía producida representa el 1.8% de la energía total a consumir.
- El PR medio anual es del 88.7 % para la planta fotovoltaica del centro comercial, con un PR máximo de 90.7 % en agosto y un PR mínimo del 86.4 % en marzo.

REFERENCIAS

- [1] A. A. Moreira-Espinoza, J. C. Intriago, I. P. Pazmiño, M. A. Ponce-Jara, and M. E. Moreano, "Análisis Comparativo del Potencial Energético Extraíble entre Paneles Fotovoltaicos Fijo y con Sistema de Seguimiento de un Eje Instalados en la ULEAM.," *Revista Técnica Energía*, vol. 20, no. 2, pp. 98–107, Jan. 2024, [Online]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=175350330&lang=es&site=ehost-live&authtype=sso&custid=ns256095>
- [2] "Convertidores electrónicos de potencia de los sistemas fotovoltaicos autónomos de 300 w instalados en Cuba".
- [3] A. Aguero Shkurenkov and B. Weber, "SISTEMA FOTOVOLTAICO AUTÓNOMO CON SEGUIDOR SOLAR COMO PROPUESTA A LA POBREZA ENERGÉTICA DE LOS HOGARES DE TECAXIC, TOLUCA.," *Papeles de Geografía*, no. 69, pp. 43–61, Jan. 2023, [Online]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=175730674&lang=es&site=ehost-live&authtype=sso&custid=ns256095>
- [4] A. Domínguez Piloto, S. Jáuregui Rigó, and J. Beltrán Marrero, "SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED PARA ALIMENTAR LA DIVISIÓN TERRITORIAL COPEXTEL CIENFUEGOS. ANTEPROYECTO Y SIMULACIÓN.," *Centro Azúcar*, vol. 46, no. 4, pp. 39–49, Oct. 2019, [Online]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=141372399&lang=es&site=ehost-live&authtype=sso&custid=ns256095>
- [5] G. A. Vargas G, S. A. Gil Baena, J. E. Díaz Figueroa, and L. M. Otálora Dueñas, "Aprovechamiento de la energía solar para el Área Académica de la Escuela de Aviación Policial mediante un sistema fotovoltaico con conexión a red," *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, vol. 11, no. 2, pp. 46–59, 2019, doi: 10.22335/rict.v11i2.446.
- [6] M. Aljanabi, M. S. S. Al-Kafaji, and A. H. Duhis, "Optimum yearly and seasonal tilt angle of solar system in the center of Babylon/Iraq using PVSyst software.," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 31, no. 2, pp. 626–635, Aug. 2023, doi: 10.11591/ijeecs.v31.i2.pp626-635.
- [7] F. I. Ygos González, M. I. Vilaragut Llanes, A. I. Martínez García, and Y. Salgado Duarte III, "Modelos de radiación solar a emplear en PowerFactory para la simulación de Sistemas Fotovoltaicos Solar radiation models to be used in PowerFactory for the simulation of Photovoltaic Systems," vol. 2022, no. 2, p. 306, [Online]. Available: <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>
- [8] F. U. H. Faiz, R. Shakoor, A. Raheem, F. Umer, N. Rasheed, and M. Farhan, "Modeling and Analysis of 3 MW Solar Photovoltaic Plant Using PVSyst at Islamia University of Bahawalpur, Pakistan," *International Journal of Photoenergy*, vol. 2021, pp. 1–14, May 2021, doi: 10.1155/2021/6673448.
- [9] R. Srivastava and V. K. Giri, "Design of grid connected PV system using PVSyst.," *Journal on Electrical Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 14–18, Jul. 2016, Accessed: Apr. 21, 2024. [Online]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=egs&AN=121111042&lang=es&site=ehost-live>
- [10] A. Yamil Álvarez-García, "Propuesta de instalación de sistema fotovoltaico en la Empresa de Productos Lácteos Villa Clara, UEB pasteurizadora Sagua la Grande.," *Tecnología Química*, vol. 44, no. 1, pp. 197–213, Jan. 2024, [Online]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=176089151&lang=es&site=ehost-live&authtype=sso&custid=ns256095>
- [11] C. Polo Bravo *et al.*, "Caracterización térmica-energética de un sistema fotovoltaico de 3,3 kwpc interconectado a la red eléctrica: 2015-2019," *TECNIA*, vol. 31, no. 1, pp. 67–76, Jun. 2021, doi: 10.21754/tecnia.v21i1.1315.
- [12] Atlas Solar Mundial, "SOLARGIS," Atlas Solar Mundial . Accessed: Jul. 06, 2024. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-12.109414,-77.014053,16&s=-12.111607,-77.011843&m=site>
- [13] Y. Muñoz, V. Orlando, P. Gustavo, and V. Jairo, "Sizing and Study of the Energy Production of a Grid-Tied Photovoltaic System Using PV syst Software," *TECNIENCIA*, vol. 12, no. 22, pp. 27–32, Dec. 2016, doi: 10.18180/tecciencia.2017.22.4.
- [14] S. A. Qadir, A. A. Abdulrahman, I. M. Rashid Samin, A. F. Abdulrahman, and K. R. Ali, "Design and Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems in Kalar City, Kurdistan, Iraq: A Case Study," *Passer Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 6, no. 1, pp. 48–57, 2024, doi: 10.24271/PSR.2023.417373.1394.
- [15] CANADIAN SOLAR INC., "CANADIAN SOLAR INC.," THREE-PHASE STRING INVERTER 125 KW. Accessed: Jul. 06, 2024. [Online]. Available: https://www.canadiansolar.com/wp-content/uploads/2020/04/Canadian-Solar_Datasheet_Inverter_125KW_SEA.pdf