

EVALUATION OF SOFTWARE TOOLS FOR THE SIZING OF AN ISOLATED PHOTOVOLTAIC GENERATOR WITH PARTIAL SHADING

EVALUACIÓN DE HERRAMIENTAS SOFTWARE PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UN GENERADOR FOTOVOLTAICO AISLADO CON SOMBREADOS PARCIALES

Ing. Michael Arenas Florez*, Ph.D. Juan David Bastidas Rodriguez**

* Universidad Industrial de Santander, Grupo de Investigación en Control, Electrónica, Modelado y Simulación (CEMOS), Bucaramanga, Colombia.

E-mail: michael2188751@correo.uis.edu.co.

** Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Manizales, Colombia.

E-mail: jubastidasr@unal.edu.co

Abstract: There are different software to size photovoltaic (PV) systems considering the effect of partial shading (SP) due to surrounding objects, and each one uses a different method to model the shading. This article compares the results of four widely used software (SAM, PVSYST, PVSOL, and SOLARIUS) for sizing an isolated PV generator for an electric bike station. First, the case study used to configure the different software is described, including the location, the load, and the PV module used. Then the main characteristics regarding the modeling of the SP are described, and the leading electrical indicators of the sizing are compared. The results show that the SPs' modeling significantly changes the losses due to shading estimated in the different software. Said differences translate into an oversizing or under-sizing of the PV generator, which can be particularly critical in isolated generators.

Keywords: Isolated photovoltaic systems, partial shading, sizing, sizing software, surrounding objects.

Resumen: Existen distintos softwares para dimensionar sistemas fotovoltaicos (FV) considerando el efecto de los sombreados parciales (SP) debidos a objetos circundantes y cada uno utiliza un método diferente para modelar los sombreados. En este artículo se comparan los resultados de cuatro softwares ampliamente utilizados (SAM, PVSYST, PVSOL y SOLARIUS) para el dimensionamiento de un generador FV aislado para una estación de bicicletas eléctricas. Primero se describe el caso de estudio utilizado para configurar los diferentes softwares incluyendo la ubicación, la carga y el módulo FV utilizado. Luego se describen las principales características respecto al modelamiento de los SP y se comparan los principales indicadores eléctricos del dimensionamiento. Los resultados muestran que el modelamiento de los SP cambia significativamente las pérdidas por sombreados estimadas en los diferentes softwares. Dichas diferencias se traducen en un sobre o sub-dimensionamiento del generador FV, lo cual puede ser particularmente crítico en generadores aislados.

Palabras clave: Sistemas fotovoltaicos aislados, sombreados parciales, dimensionamiento, software de dimensionamiento, objetos circundantes.

1. INTRODUCCIÓN

La energía FV se ha establecido como una de las fuentes de energía renovable más importantes ya que cada año aumenta la capacidad instalada a nivel mundial. Cuando todos los submódulos de un generador fotovoltaico (GFV) operan bajo la misma irradiancia y temperatura, se dice que un GFV funciona en condiciones homogéneas. Sin embargo, en aplicaciones reales, los GFVs funcionan en condiciones no homogéneas debido a los SP producidos por los objetos circundantes, la degradación de algunos submódulos, la suciedad, tolerancias de fabricación, entre otros.

Para el dimensionamiento de un GFV se encuentran diferentes procedimientos en la literatura. En la mayoría de los procedimientos se desprecian las pérdidas debidas a sombreados en los módulos (Messenger y Ventre 2004) y en algunos casos se consideran dentro de un factor de eficiencia global (Kumar y Kumar 2017). También existen en el mercado diversas herramientas software de dimensionamiento, entre las más utilizadas se encuentran PVSYST, SAM, PVSOL y SOLARIUS.

PVSYST (Simulation Program PVSYST 2020) permite la simulación de sistemas conectados a la red y sistemas aislados. Este software permite modelar el efecto de los SP desde una vista tridimensional, teniendo en cuenta los submódulos que forman cada módulo FV.

Otro software es SAM (NREL 2020). SAM permite hacer el dimensionamiento con diferentes tecnologías de módulos, así como modelar el efecto de los SP desde una vista tridimensional. No obstante, no es posible modelar el GFV a nivel de submódulos y el sombreado se modela con un factor de 100% si hay sombra y 0% cuando no hay sombra.

PVSOL (SOLSTA 2020) es un software de diseño y simulación de sistemas FV que permite modelar los sombreados producidos por objetos cercanos desde una vista tridimensional. Una desventaja es que los efectos de los sombreados se aproximan como un porcentaje de reducción de potencia en el generador, por lo tanto, no se tienen en cuenta las sombras en cada módulo y submódulo FV.

Otro software reconocido es SOLARIUS (ACCA Software 2020), el cual permite dimensionar sistemas FV considerando un modelado 3D del lugar donde se realizará la instalación para general planos de conexión y listas de elementos. Una desventaja es que el modelado 3D no se utiliza para estimar las pérdidas por SP, pues los

perfiles de sombreado se generan de forma manual o a partir de fotos del lugar de instalación.

En este artículo se realiza una evaluación de las herramientas software descritas anteriormente. Para esta evaluación se consideran los resultados obtenidos para el dimensionamiento de una estación de carga de bicicletas eléctricas aislada.

El artículo presenta una comparación de las principales características para el modelado de los efectos de los SP y presenta una comparación de los principales indicadores eléctricos que se obtienen con las simulaciones de las herramientas software evaluadas.

2. CASO DE ESTUDIO

En este trabajo se toma como caso de estudio un sistema FV aislado, compuesto por cuatro módulos en conexión serie (1) paralelo (4) ubicados en la terraza oriental del edificio Camilo Torres de la Universidad Industrial de Santander (7.14° N, -73.12° E).

La descripción y medidas de la ubicación y los objetos circundantes se observan en la Fig.1. Adicionalmente, la carga propuesta que corresponde a una estación de carga de para tres bicicletas eléctricas, con un consumo promedio anual por bicicleta de 391 [kWh] y un perfil de potencia diario como se describe en (Thomas et al. 2015).

El módulo FV utilizado es el Trinasolar TSM-270 PD05 policristalino-Si, que consta de 60 celdas agrupadas en 3 submódulos. Los datos del recurso solar y demás variables climatológicas, son determinadas por cada software, por ejemplo, SAM y PVSYST utilizan las bases de datos de National Solar Radiation Database (NSRDB) y European Commission PVGIS V5. Por su parte PV*SOL y SOLARIUS utilizan las bases de datos de METEONORM.

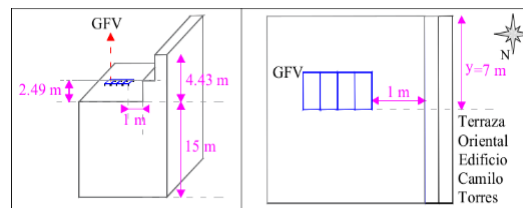


Fig. 1. Disposición física del GFV, izquierda vista de elevación, derecha vista de planta.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS HERRAMIENTAS SOFTWARE

En general, los softwares son similares porque los cálculos necesarios para el dimensionamiento de un GFV no cambian significativamente. Sin embargo, un punto importante de diferencia es la forma en cómo se modelan e incluyen los efectos de los SP en cada software.

La Tabla 1 muestra una comparación de softwares analizados teniendo en cuenta las principales características relacionadas con los SP.

Tabla 1. Características para el modelado de SP

Software	Cálculo de múltiples máximos	Modelado de objetos cercanos en 3D	Modelado por submódulos	Factor de sombreado por submódulos
SAM	No	Sí	No	No
PVSYST	Sí	Sí	Sí	No
SOLARIUS	No	Sí	No	No
PVSOL	No	Sí	No	No

Por otro parte en la Tabla 2 se muestran los principales resultados de simulación comunes para el caso de estudio descrito en la Sección 2.

Se observa que no hay diferencias significativas en la irradiación global horizontal ni en las pérdidas por cableado. No obstante, las pérdidas calculadas por reflexión y SP son diferentes. Las pérdidas por reflexión estimadas por SAM y SOLARIUS son cercanas y están alrededor de 3.5%, mientras que PVSYST y PVSOL estiman pérdidas por reflexión de 2.3% y 1% respectivamente.

La diferencia más significativa se encuentra en las pérdidas por SP, pues PVSYST y PVSOL estiman pérdidas cercanas al 20%, mientras que las pérdidas calculadas por SAM y SOLARIUS son menores al 10%. Estas diferencias se deben a las diferencias en el modelamiento de las sombras, los factores de sombreado y a los modelos utilizados por los diferentes softwares.

Tomando como base de comparación las pérdidas por sombreados calculadas por PVSYST, ya que utiliza modelos a nivel de submódulo y calcula curvas potencia-tensión con múltiples máximos, tanto SAM como SOLARIUS subestiman las pérdidas por sombreado produciendo un subdimensionamiento del GFV. Mientras que

PVSOL produciría un sobre dimensionamiento por sobreestimar las pérdidas por sombreado.

Tabla 2. Comparación de los resultados de simulación

Software	Irradiación global horizontal [kWh/m ²]	Pérdidas por reflexión	Pérdidas en el cableado	Pérdidas anuales por efecto de sombreados	Energía esperada anual [kWh]
SAM	1855	3.69 %	3.00 %	8.43%	1145
PVSYST	1835	2.35 %	3.55 %	17.10%	1375
SOLARIUS	1734	3.10 %	3.20 %	5.00%	1327
PVSOL	1744	1.00 %	3.00 %	19.70%	1223

4. RECONOCIMIENTO

Este trabajo fue apoyado por la Universidad Industrial de Santander bajo el programa Créditos Condonables

5. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó una comparación de cuatro herramientas software para el dimensionamiento de un GFV aislado considerando el efecto de los SP. Se compararon las principales características en el modelado de las sombras y se compararon los resultados de simulación obtenidos con los diferentes softwares.

Los resultados muestran que el proceso de dimensionamiento se afecta significativamente dependiendo del modelo de los SP y de la forma en cómo se estima la potencia producida por el generador.

Teniendo en cuenta las características de los softwares analizados se encontró que PVSYST cuenta con una estimación más detallada de los efectos de los SP y tiene la opción de utilizar un modelo que permite estimar múltiples máximos en las curvas potencia-tensión del generador.

Adicionalmente, es importante mencionar que por ser software comerciales y cerrados es difícil identificar el detalle del modelado de las sombras y la forma exacta en cómo se calcula la potencia generada en cada instante de tiempo.

REFERENCIAS

- ACCA Software. 2020. «SOLARIUS». Recuperado 17 de junio de 2020 (<https://www.accasoftware.com/es/software-e-calculo-instalacion-fotovoltaica>).
- Kumar, Manish, y Arun Kumar. 2017. «Performance assessment and degradation analysis of solar photovoltaic technologies: A review». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 78:554-87.
- Messenger, R. A., y J. Ventre. 2004. *Photovoltaic Systems Engineering, Second Edition*. Taylor & Francis.
- NREL. 2020. «SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM)». Recuperado 17 de junio de 2020 (<https://sam.nrel.gov/>).
- Simulation Program PVSYST. 2020. «PVSYST». Recuperado 25 de febrero de 2020 (<https://www.pvsyst.com/>).
- SOLSTA. 2020. «PV*SOL». Recuperado 17 de junio de 2020 (<https://solsta.co/>).
- Thomas, Dimitrios, Vasiliki Klonari, Francois Vallee, y Christos S. Ioakimidis. 2015. «Implementation of an e-bike sharing system: The effect on low voltage network using pv and smart charging stations». Pp. 572-77 en *2015 International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. Vol. 5. IEEE.