



Fecha de presentación: Julio, 2020  
Fecha de aceptación: Octubre, 2020  
Fecha de publicación: Noviembre, 2020

## ANTEPROYECTO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN HOTEL UNIVERSITARIO DE POSGRADO EN LA UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS

### **PRE-PROJECT OF PHOTOVOLTAIC SOLAR SYSTEM IN THE POSTGRADUATE UNIVERSITY HOTEL AT THE UNIVERSITY OF CIENFUEGOS**

Carlos Hernández Morales<sup>1</sup>  
E-mail: [carloshdez@ucf.edu.cu](mailto:carloshdez@ucf.edu.cu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8042-509X>  
José P. Monteagudo Yanes<sup>1</sup>  
E-mail: [jpmayanes@ucf.edu.cu](mailto:jpmayanes@ucf.edu.cu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7234-7853>  
Higino Edmilson Dala<sup>1</sup>  
E-mail: [im1541@ucf.edu.cu](mailto:im1541@ucf.edu.cu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0646-6173>  
Reinier Jiménez Borges<sup>1</sup>  
E-mail: [rjborges@ucf.edu.cu](mailto:rjborges@ucf.edu.cu)  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6451-8499>

#### Cita sugerida (APA, séptima edición)

Hernández Morales, C., Monteagudo Yanes, J. P., Dala, H. E., & Jiménez Borges, R. (2020). Anteproyecto de sistema solar fotovoltaico en Hotel Universitario de Posgrado en la Universidad de Cienfuegos. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(6), 163-169.

#### RESUMEN

El presente trabajo aborda las ventajas de utilización de un sistema solar fotovoltaico en la cubierta del Hotel Universitario de Posgrado de la Universidad de Cienfuegos ubicado en su sede "Carlos Rafael Rodríguez". Conocidas las características y dimensiones del edificio y su cubierta, se logró, usando el software PVSyst 6, simular el funcionamiento del sistema solar fotovoltaico obteniendo los valores de generación eléctrica que éste puede ofrecer. La simulación se realizó con diferentes posiciones de los paneles sobre la superficie y los resultados de la generación se estudiaron en diferentes períodos de tiempo. Se estudió que capacidad tiene el sistema propuesto para satisfacer parte del consumo energético de la edificación. La generación solar fotovoltaica proporcionaría, según simulación, 69 520 kWh/año, que representa el 52,05 % del consumo anual del edificio. La contribución económica por este concepto proporcionaría un ahorro anual de 15 989,60 pesos. La inversión presenta un Período Simple de Recuperación de la Inversión (PSRI) de 7,89 años, satisfactorio para este tipo de fuente renovable de energía.

**Palabras clave:** Generación fotovoltaica; PVSyst 6; energía solar.

#### ABSTRACT

This paper addresses the advantages of using a photovoltaic solar system on the roof of the Postgraduate University Hotel at the University of Cienfuegos headquarters. The hotel is characterized by a variable electricity consumption during the period studied, as a result of the services it offers. Knowing the characteristics and dimensions of the building and its roof, it was possible, to simulate the operation of the photovoltaic solar system, using the PVSyst 6 software, obtaining the electricity generation values that it can offer. The simulation was performed with different positions of the panels on the surface and the electric generation results were studied in different periods of time. The capacity of the proposed system to satisfy part of the building's energy consumption was studied. Photovoltaic solar generation would provide, according to simulation, 69,520 kWh / year, which represents 52.05% of the building's annual consumption. The economic contribution for this concept would provide an annual saving of 15,989.6 pesos. The investment presents a payback period (PSRI) of 7.89 years, satisfactory for this type of renewable energy source.

**Keywords:** Photovoltaic generation; PVSyst 6; solar energy.

## INTRODUCCIÓN

Las condiciones actuales de la economía cubana y mundial han propiciado que la crisis de portadores energéticos se haya incrementado y que sea cada vez más costosa y difícil la generación de energía eléctrica por fuentes tradicionales. Basados en las proyecciones de desarrollo sostenible es posible valorar que el hacer frente a esta difícil situación desde una contribución regional y local, viene quizás en buena medida a solucionarlo una fuente de energía vital como es el sol, con la generación fotovoltaica ya muy estudiada y desplegada a nivel mundial y donde Cuba no se ha quedado atrás con propuestas incluso de programas de energía fotovoltaica (Stolik, 2011, 2014).

El presente trabajo trata sobre un acercamiento a la posibilidad de la explotación de la energía solar fotovoltaica en los techos de las edificaciones universitarias. Un aspecto interesante es que se puede comprobar la existencia de grandes áreas de techo por la cantidad de edificios que presentan las instituciones, por lo que las áreas de terrenos aledaños a las edificaciones pudieran utilizarse para otros menesteres sin una afectación por el uso de esta tecnología (Morales, 2017), y con eso se pretende el aprovechamiento racional de los recursos de infraestructura universitarios y que puedan contribuir a su desarrollo, con impacto directo sobre las condiciones de vida y el uso racional de la energía.

La Universidad de Cienfuegos como institución de ciencia cuenta con un gran número de estudiantes y trabajadores, así como servicios e infraestructura que hacen uso y dependen de la energía eléctrica. Visto esto se puede comprobar que el simple hecho de disponer de sistemas vitales como: comunicaciones, hidráulicos e iluminación de aulas y locales, hace que el consumo energético de la institución sea un factor clave a tener en cuenta a la hora de valorar qué se debe hacer en el uso de nuevas formas de generación y de garantizar los procesos que se dan en la entidad con calidad, cuya realización depende de la energía eléctrica cada vez más cara y difícil de producir.

Los autores (Monteagudo et al., 2020) muestran que el mayor consumo de la universidad corresponde a la energía eléctrica, en un marco donde Cuba apuesta por generar cerca de una cuarta parte de su energía eléctrica con fuentes renovables de energía. Por tanto, en el trabajo se presenta el anteproyecto de una instalación solar fotovoltaica para montaje en la cubierta del Hotelito Universitario de Posgrado, apoyado en el software Pvsyst 6 para la simulación del sistema.

## DESARROLLO

Para la simulación de sistemas solares fotovoltaicos se han desarrollado diversas aplicaciones de software que permiten conocer resultados de generación, parámetros, problemas de emplazamiento y otras características de estos sistemas antes de llegar a un diseño definitivo.

PVsyst (PVsyst Team, 2020) es uno de los softwares libres más utilizados para el diseño y simulación de sistemas fotovoltaicos, desarrollado por la Universidad de Ginebra. Está pensado para ser utilizado por arquitectos, ingenieros e investigadores, y también es una herramienta pedagógica muy útil. Ampliamente utilizado por investigadores incluso en el contexto cubano y en la propia universidad de Cienfuegos, presenta características que lo hacen atractivo. Las fundamentales son:

- Diseño completo de sistemas fotovoltaicos remotos.
- Diseño completo de sistemas fotovoltaicos conectados a la red.
- Base de datos completa de paneles fotovoltaicos, inversores, datos meteorológicos.
- Útil aplicación 3D para simular sombras cercanas.
- Importación de datos de radiación de PVGIS, bases de datos de la NASA.
- Importación de datos de módulos fotovoltaicos de PHOTON INTERNATIONAL.
- Evaluación económica y recuperación de la inversión.
- Exportación de cálculos a archivos CSV.

La elección del Hotel Universitario, como objeto de estudio para la simulación del sistema fotovoltaico, está dado fundamentalmente por las características de los servicios que presta y el nivel de actividad que presenta anualmente, lo que provoca que se incremente en algunos períodos de tiempo el consumo eléctrico. En los meses de julio y agosto se presentan los picos de demanda eléctrica del edificio si bien los vacacionistas hacen uso de las instalaciones de este y en otros meses en menor medida se pueden presentar picos que están de acuerdo con actividades más cotidianas como actividades de posgrado, visitas, fiestas y algún que otro evento casual. Por tanto, la simulación y análisis de un sistema solar fotovoltaico podría dar una idea de que potencialidades tiene el uso de este tipo de generación para desplazar a niveles inferiores el pago por consumo eléctrico y brindar más y mejores servicios en el futuro.

Los datos sobre las condiciones constructivas, entorno y características de la cubierta del edificio fueron presentados, fundamentalmente de los planos y de imágenes de satélite para una mejor comprensión y facilidad de

adquisición. En la figura 1 se muestra el plano del 4to nivel del hotelito universitario donde podrían ser instalados los paneles del sistema que se pretende simular.



Figura 1. Plano del 4to nivel del hotelito.

La cubierta, con orientación en su parte estrecha N-S y en la parte larga E-W, cuenta con un área útil de 356.8 m<sup>2</sup>, esto fue calculado con el software CADReader con los planos proporcionados por el Departamento de Mantenimiento (Cuba. Ministerio de Educación Superior, 2018, 2020). No se consideraron en el cálculo los cuatro espacios adyacentes al rectángulo principal que incluye sistemas hidráulicos y escaleras.

En la vista satelital dada en la figura 2 se observa la cubierta del edificio marcada con el número 1, comprobándose que no existen objetos cercanos ni sombras en el área que impidan la incidencia solar sobre los paneles.

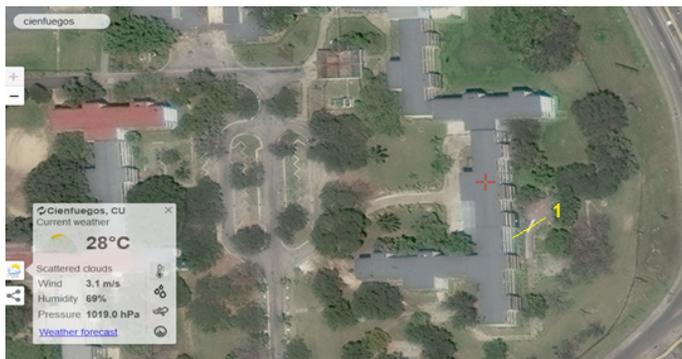


Figura 2. Imagen satelital del hotelito.

Luego de analizadas las características constructivas de la cubierta de la edificación y visto que posee un área suficiente, apta para la simulación y para un futuro despliegue de un sistema fotovoltaico, se presenta de manera breve las características de consumo energético del mismo, dado esto por el tipo de servicio que brinda, la ocupación y demandas de energía en diversos periodos del año.

Datos mostrados en la tabla 1 evidencian el comportamiento de los consumos de energía eléctrica del hotelito, reflejo de sus servicios de alojamiento de posgrado, planes vacacionales en los meses de julio y agosto y otras actividades en diferentes momentos del año. La tabla 1

y la Figura 3 ofrecen el desglose de consumos en kWh entre los meses de mayo a diciembre de 2018, datos disponibles en la institución.

Tabla 1. Consumos de energía eléctrica del hotelito universitario para el año 2018.

Meses/2018	Consumo (kWh/mes)
mayo	8125
junio	2117.5
julio	15832.5
agosto	28232.5
septiembre	11650
octubre	11275
noviembre	8427.5
diciembre	3390
Total del período	89050
Valor medio	11131.25
Valor máximo	28232.5
Valor mínimo	3390

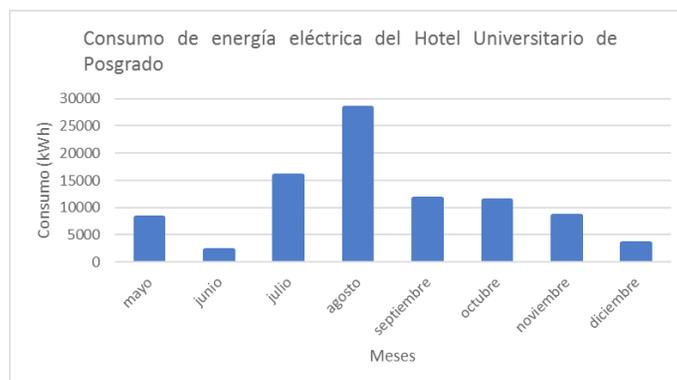


Figura 3. Consumo de energía eléctrica del hotelito universitario de mayo a diciembre de 2018.

Observe que los mayores consumos del edificio están desplazados a los meses de veranos con los picos en julio y agosto, meses de plena actividad de servicios de alojamiento y vacacionales de la entidad. El contar con estos datos permite contrastar valores de consumo de energía eléctrica y una adecuada evaluación de las ventajas que pudiera tener el uso de la energía solar fotovoltaica para el edificio.

La generación eléctrica en un sistema fotovoltaico depende de varios factores que van desde la velocidad del viento, la altura de la edificación hasta la posición geográfica del edificio y ubicación de los paneles.

Muchos de estos parámetros el software los interpreta y calcula de acuerdo a las bases de datos geográficas y meteorológicas. Otros no están presentes en las condiciones de esta investigación, por ejemplo, la sombra, al no haber objetos cercanos que provoquen esta sobre los paneles ubicados en la cubierta.

En este caso específico y para la simulación que se pretende se realizarán algunas pruebas de parámetros de eficiencia que nos permita modificar el programa como:

- Inclinación de los paneles (dado por la latitud de Cienfuegos).
- La ubicación con respecto al sur o el ángulo de Azimut.

En la inclinación de los paneles se modelará para un valor de 22° y 15°, este último valor es aplicado por especialistas de la UNE para todos los parques solares del país porque reduce la longitud de sombra y permite colocar más paneles en una misma área con similar captación de la radiación solar. La diferencia entre el ángulo recomendado por la latitud y el aplicado no representan una gran variación para la captación de energía y para la conversión energética. Estos aspectos pueden apreciarse en la tabla 2.

Tabla 2. Grados de inclinación de los paneles y su efecto sobre la captación de energía y conversión energética.

Grados de inclinación de los paneles							
5°	10°	15°	22°	25°	30°	35°	40°
Pérdidas en la captación de energía, Wh/m <sup>2</sup>			Inclinación adecuada para la provincia de Cienfuegos	Pérdidas en la captación de energía, Wh/m <sup>2</sup>			
-176	-59	-18		-23	-63	-103	-143
Pérdidas de conversión energética, kWh/kWp				Pérdidas de conversión energética, kWh/kWp			
-32,4	-11,4	-5,0		-6,4	-17,4	-28,5	-39,6

Fuente: Monteagudo, et al. (2020).

Por otra parte, el azimut es el ángulo de giro del panel con dirección este-oeste y es uno de los parámetros que más repercute en la eficiencia del sistema fotovoltaico. Este parámetro será modificado con diferentes ángulos de orientación: 0°, 45°, 90°, 180°, para comprobar el efecto sobre la producción eléctrica del sistema dada la ubicación geográfica, condiciones del entorno y características constructivas del hotelito universitario de posgrado.

A partir de los parámetros (azimut, inclinación, etc) se procedió a realizar la simulación del sistema fotovoltaico en su variante de proyecto, tomando en cuenta también los parámetros eléctricos (tipo de inversores y de módulos fotovoltaicos, características técnicas, corriente, voltaje y potencia a la salida de las cadenas y de los inversores, etc).

Se tomaron para esto los módulos de paneles solares (Numen Solar, 2019) e inversores (SMA Solar Technology, 2019) que se comercializan en Cuba actualmente y que se están utilizando para el despliegue de la energía solar fotovoltaica. La figura 4 presenta los valores de generación (MWh/año) del sistema solar fotovoltaico para el edificio estudiado considerando las dos variantes (15° y 22° respectivamente) y los ángulos de orientación en estudio.

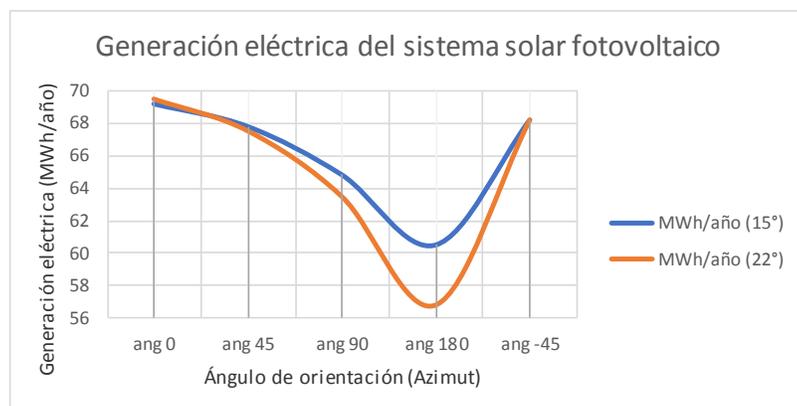


Figura 4. Gráfico de generación eléctrica anual a partir de varios ángulos de azimut e inclinación.

La potencia que se puede instalar para esa área es 49,5 kWp, valor nada despreciable y de acuerdo con el área que representa la cubierta del hotelito universitario de posgrado. Ahora, analizando el gráfico (Figura 4) se puede ver que el óptimo de generación anual ocurre con los paneles orientados al sur (0°) e inclinados a 22° lográndose como máximo 69,52 MWh/año. En casos excepcionales en que se necesite ubicar los paneles a otros ángulos de azimut, por ejemplo (90° y 180°) se aprecia que la mayor generación se alcanza a 15° de inclinación.

Comparando los datos de la simulación del sistema solar fotovoltaico con los valores reales del consumo de energía eléctrica de la instalación, para un año típico se puede hablar de un grado de sustitución de alrededor del 52 % de la energía eléctrica que consume el hotelito, valor que refleja la factibilidad del sistema. Repercute por tanto en un ahorro considerable de energía y de pagos por concepto del uso de esta para el edificio.

En la Tabla 3 se presentan una comparación por meses del grado de sustitución que representa la energía fotovoltaica inyectada a la red con respecto a los consumos del hotelito.

Tabla 3. Grado de sustitución por meses basado en un año típico.

Meses	Consumo MWh/mes	Media año	Sist. Solar Fotovolt. (MWh/mes)	Sustitución mensual (%)	Energía excedente a red (MWh)
mayo	8.13	11.13	5.88	72.36	
junio	2.12	11.13	5.54	100.00	3.42
julio	15.83	11.13	5.90	37.25	
agosto	28.23	11.13	6.08	21.51	
septiembre	11.65	11.13	5.17	44.33	
octubre	11.28	11.13	5.26	46.67	
noviembre	8.43	11.13	5.48	65.04	
diciembre	3.39	11.13	5.69	100.00	2.30

Hay que destacar que en los meses donde menos % de sustitución se obtiene es en los de vacaciones (julio-agosto) cuando el hotelito tiene las máximas demandas energéticas, lo que repercute en un mayor uso de la solar fotovoltaica. En este caso además en el mes de junio y diciembre, propio de las características de consumo de estos meses hace que pueda ser entregada a la red 3,42 MWh y 2,30 MWh excedentes y ser consumidos por otros edificios. El análisis ha sido realizado con los consumos totales de energía, no diferenciándose los consumos en el horario diurno y nocturno, por existir solo un metro-contador totalizador.

El siguiente gráfico (figura 5) ilustra más claramente las tendencias y posibilidades con esta fuente:

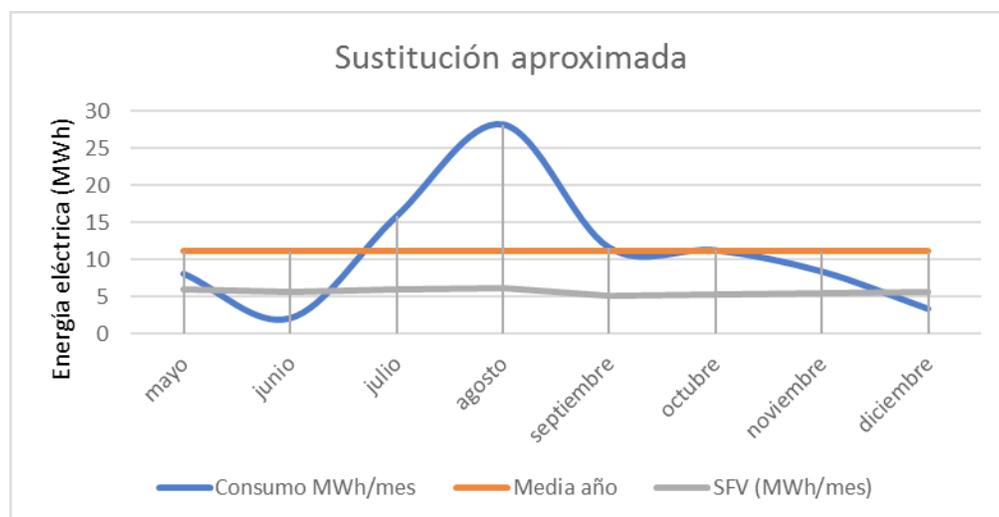


Figura 5. Grado de sustitución aproximado en base a consumos y media para un año típico.

Las posibilidades de sustitución energética vistas en el hotelito a partir de la generación fotovoltaica abren un camino bien prometedor para las restantes edificaciones de la universidad, repercutiendo en la economía y en la vida universitaria.

El cálculo económico se realizó utilizando el método de Período Simple de Recuperación de la Inversión. Para esto se utilizó como base una tabla proporcionada por Copextel (Tabla 4) donde están recogidos los valores de costo que implica el suministro, instalación y montaje de sistemas solares fotovoltaicos para las empresas y entidades.

Tabla 4. Suministro, instalación y montaje por Copextel. Ejemplo para cálculo para 76 kWp.

Tipo de moneda	Suministro + instalación y montaje para 1 kWp.	Potencia a instalar (kWp)	Importe total de la inversión
CUC	\$ 1 800,00	76	\$ 136 800,00
CUP	\$ 750,00	76	\$ 57 000,00
MT	\$2 550,00	76	\$ 193 800,00
CL Disponible (USD)	\$ 1 500,00	76	\$ 114 000,00

Fuente: Hernández (2020).

Con la potencia a instalar en el hotelito de 49,5 kWp según las simulaciones, se obtiene que el importe total de la inversión será de \$ 126 225.00 para el suministro instalación y montaje del sistema.

Con la información existente, se procede a calcular los ingresos por concepto de pago evitado y que es pagada por la Unión Nacional Eléctrica según Decreto Ley 345 de 2019 con 0,23 pesos/kWh (Cuba. Ministerio de Justicia, 2019).

Se considera como pago evitado la energía generada por el Sistema Solar Fotovoltaico y no consumida desde la red nacional.

Energía no consumida de la red = Energía Producida FV Ec.1

Energía aprox. consumida por el hotelito al año: 133,57 MWh

Energía producida por el sistema solar fotovoltaico en un año es: 69,52 MWh

Ingresos por pago evitado (\$/año) es:  $69\,520,00 \times 0,23 = 15\,989,6$  pesos/año

El Período simple de Recuperación de la Inversión está dado en la ecuación 2.

PSRI =  $\frac{\text{Inversión}}{\text{Ingresos}} \times \text{año}$  Ec. 2

PSRI =  $126\,225,00 / 15\,989,00 = 7,89$  años

## CONCLUSIONES

Las condiciones económicas del país exigen un uso más generalizado y eficiente de las fuentes de energía renovables prestando especial atención a la solar fotovoltaica. Instituciones como la Universidad de Cienfuegos que disponen de grandes áreas de cubierta resultan atractivas para sistemas solares fotovoltaicos que tributan la energía generada a la entidad y el excedente a la red eléctrica nacional.

El estudio realizado muestra una alta variabilidad en el consumo de energía eléctrica mensual del hotel de posgrado. Ello depende de la época del año dada la función que presta la edificación. Su consumo medio es de 11 131,25 kWh/mes, teniendo un consumo máximo de 28 232,5 kWh/mes.

El análisis de la colocación de los paneles en la cubierta muestra que, aunque la literatura aconseja utilizar como ángulo de inclinación del panel el valor de la latitud del sitio, para Cienfuegos 22°, resulta mejor utilizar el valor del ángulo de 15° utilizado por los sistemas de la Unión Nacional Eléctrica, ello proyecta menos sombra, permite ubicar más paneles en la misma área y se logra una mayor generación eléctrica.

El sistema propuesto tiene una capacidad de generación cercana a los 6 MWh/mes, obteniéndose para el período estudiado una posible generación anual de 69.52 MWh/año que representa el 52.05 % de la energía consumida de la red nacional.

El efecto económico de la propuesta está dado por el costo evitado al tener un menor consumo de energía eléctrica de la red nacional. El monto por este concepto es del orden de los 16 000,00 pesos/año.

Considerando el costo evitado como los ingresos a la entidad, el Periodo Simple de Recuperación de la Inversión (PSRI) es cercano a los 8 años, valor típico en estas instalaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cuba. Ministerio de Educación Superior. (2018). *Reportes de consumo eléctrico Universidad de Cienfuegos*. (Manuscrito sin publicar). Departamento de Mantenimiento. Universidad de Cienfuegos.
- Cuba. Ministerio de Educación Superior. (2020). *Planos de la Universidad de Cienfuegos Sede CRR*. (Manuscrito sin publicar). Departamento de Mantenimiento. Universidad de Cienfuegos.
- Cuba. Ministerio de Justicia. (2019). *Decreto Ley 345 Desarrollo de Fuentes Renovables Y Uso Eficiente de La Energía*. <https://www.gacetaoficial.gob.cu/sites/default/files/goc-2019-o95.pdf>
- Monteagudo, J. P., Jiménez, R., & Morales, D. (2020). Potencialidades del uso de la energía solar en la sede "Carlos Rafael Rodríguez" de la Universidad de Cienfuegos. (Ponencia). Congreso Internacional Universidad 2020. La Habana, Cuba.
- Morales, D. (2017). *Anteproyecto de sistema fotovoltaico para la Universidad de Cienfuegos Sede "Carlos Rafael Rodríguez"*. (Tesis de grado). Universidad de Cienfuegos.
- Numen Solar. (2019). *Especificaciones técnicas serie DSM-270*. <https://www.cce.cu/uploads/ficha/Especificaciones%20T%C3%A9cnicas%20DSM-270%20actualizada.pdf>
- PVsyst Team. (2020). *PVsyst Photovoltaic Software*. <https://www.pvsyst.com/download-pvsyst/>
- SMA Solar Technology. (2019). *Sunny Tripower 15000TL-20000TL-25000TL*. <https://www.sma-australia.com.au/products/solar-inverters/sunny-tripower-15000tl-20000tl-25000tl.html>
- Stolik, D. (2011). Necesidad de Un Programa Fotovoltaico Para Cuba. *Energía y Tú*, 53, 15–22.
- Stolik, D. (2014). La Energía fotovoltaica: oportunidad y necesidad para Cuba. *Economía y Desarrollo*, 152, 69–86.