

Instalación de parque fotovoltaico en poligráfico de Guantánamo y su contribución al cambio de matriz energética.

Installation of a photovoltaic park in Guantánamo polygraph and its contribution to the change in the energy matrix.

Autores:

MSc. Raúl Antonio Caramazana - Ferrer¹, <https://orcid.org/0000-0002-5695-7341>

MSc. Ismer Matos - Hernández², <https://orcid.org/0009-0006-2646-2280>

MSc. Robuam Peña - Domínguez¹, <https://orcid.org/0000-0002-6348-0123>

MSc. Gustavo Ezequiel Fernández - Salva¹, <https://orcid.org/0000-0001-7425-8571>

MSc. Héctor García - Vázquez¹, <https://orcid.org/0009-0008-0654-8110>

Filiación institucional: ¹Universidad de Guantánamo, Avenida Che Guevara Carretera Jamaica km 1 ½, Cuba, ²Poligráfico de Guantánamo, Serafín Sánchez s/n esq. 3 Norte, Cuba

E-mail: raulacf@cug.co.cu, desarrollo@grafgtmo.co.cu, robuam@cug.co.cu, gfsalva2019@cug.co.cu, hectorqv@cug.co.cu

Fecha de recibido: 15 oct. 2024

Fecha de aprobado: 11 dic. 2024

Resumen

El Poligráfico de Guantánamo es uno de los centros de mayor consumo de energía eléctrica en el territorio. El aprovechamiento de una de sus cubiertas para la instalación de paneles fotovoltaicos contribuye a la disminución en el consumo de tan importante portador energético y se alinea con los objetivos de desarrollo sostenible y la agenda 2030 aprobados por la Organización de Naciones Unidas e implementada en el país. Por su ubicación geográfica Cuba debe aprovechar al máximo el potencial fotovoltaico que recibe de la principal fuente de luz y calor, el sol. En este trabajo se muestran los principales resultados alcanzados en 18 meses de operación y su contribución a la disminución de la demanda eléctrica y su aporte al Sistema Electroenergético Nacional y su impacto en la disminución de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: Fuentes renovables de energía; Matriz energética de consumo; Gases de efecto invernadero; Desarrollo sostenible; Paneles fotovoltaicos.

Abstract

The Guantánamo Polygraphic Center is one of the centers with the highest electricity consumption in the territory. The use of one of its roofs for the installation of photovoltaic panels contributes to the reduction in the consumption of such an important energy carrier and is aligned with the sustainable development objectives and the 2030 agenda approved by the United Nations Due to its geographical location, Cuba must take full advantage of the photovoltaic potential it receives from the main source of light and heat, the sun. This work shows the main results achieved in 18 months of operation and its contribution to the decrease in electrical demand and its contribution to the National Electroenergy System and its impact on the reduction of greenhouse gases.

Key words: Renewable energy sources; Energy consumption matrix; Greenhouse gases; sustainable development; Photovoltaic panels.

Introducción

En el año 2021, comenzaron a registrarse tensiones en los mercados energéticos debido a una serie de factores, entre ellos la extraordinaria rapidez del repunte económico que se produjo tras la pandemia de la Covid 19. Esta situación se fue agravando considerablemente hasta convertirse en una verdadera crisis energética mundial tras la operación militar especial llevada a cabo en Ucrania por parte de Rusia en febrero de 2022 y que continúa su acción a día de hoy. El precio del gas natural alcanzó máximos históricos y, en consecuencia, también lo hizo la electricidad en algunos mercados. Los precios del petróleo se situaron en su nivel máximo desde 2008.

La subida de los precios de la energía ha contribuido a que la inflación sea alarmantemente elevada, algunas familias se hayan visto abocadas a la pobreza, algunas fábricas hayan tenido que recortar su producción o incluso cerrar y el crecimiento económico se haya ralentizado hasta el punto de que algunos países van camino de sufrir una fuerte recesión. Europa, cuyo suministro de gas es particularmente vulnerable por su histórica dependencia de Rusia y a la que en su momento renunció como principal suministrador debido a los paquetes de medida elaborados y puestos en práctica contra el país eslavo, podría tener que racionalizar el gas con vistas a los inviernos venideros, aunque sigue dependiendo de lo que se suministra del gigante euroasiático contrario a lo que se piensa, además, un gran número de economías emergentes están pagando mucho más por la energía importada y padeciendo escasez de combustibles.

Si bien la crisis energética actual presenta ciertos paralelismos con la crisis del petróleo de los años setenta, también existen diferencias importantes. La crisis actual afecta a todos los combustibles fósiles, mientras que las súbitas variaciones de los precios observadas en la década de los setenta se circunscribieron principalmente al petróleo, en un momento en el que la economía mundial dependía mucho más de este combustible y mucho menos del gas. La economía mundial en su conjunto presenta en la actualidad muchas más interconexiones que hace 50 años, lo que magnifica el impacto.

Cuba enfrenta un férreo bloqueo económico y comercial que se agudiza por los elementos ya mencionados anteriormente y que amenazan con empeorar con la nueva administración estadounidense que ha puesto en jaque al mundo entero con su nueva política exterior basada en la coerción y el chantaje.

La descarbonización de la sociedad es una necesidad impostergable para el mundo de hoy y en función de alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible para el 2030. Cuba trabaja en ese tema haciendo uso de las Fuentes Renovables de Energía (FRE) con la aplicación de las mismas en todos los sectores de la sociedad, premisa recogida en las *Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030*, donde se establece dentro de los principios rectores y ejes temáticos la necesidad de *“Transformar y desarrollar, acelerada y eficientemente, la matriz energética mediante el incremento de la participación de las fuentes renovables y los otros recursos energéticos nacionales y el empleo de tecnologías de avanzada con el propósito de consolidar la eficiencia y sostenibilidad del sector y, en consecuencia, de la economía nacional”*. Se reconoce la necesidad inminente de transformar la matriz energética en aras de producir una energía más limpia, diversa, sustentable y eficiente o lo que es lo mismo, escoger o involucrarse de lleno en el camino de las tecnologías FRE lo cual constituye una necesidad de primer orden para sustituir las fuentes energéticas de combustibles fósiles expuestos a las subidas de precios en el mercado internacional, reduciendo así la dependencia de los combustibles importados. En función de ello, se publica el 28 de noviembre de 2019, *“El Decreto - ley No. 345: Del Desarrollo de las Fuentes Renovables y el Uso Eficiente de la Energía”*.

En Cuba alrededor del 5 % de la generación de electricidad se produce mediante fuentes renovables de energía y se pretende elevar este valor hasta cerca de un 30 % para el año 2030, generando mediante centrales bioeléctricas 612 MW, parques eólicos 807 MW, parques solares fotovoltaicos 2012 MW, de ellos se pretenden instalar 1200 para julio del presente año y las pequeñas centrales hidroeléctricas 56 MW con la visión de producir 9000 GWh/año, sustituyendo 2,3 millones de toneladas de combustible y dejando de emitir a la atmósfera 8,5 millones de toneladas de CO₂ al año.

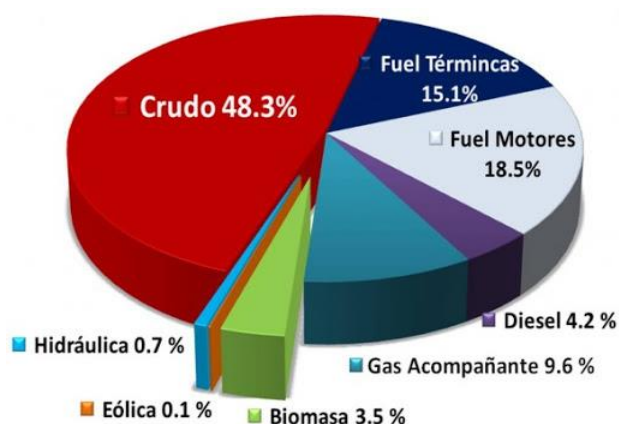


Figura 1. Matriz energética de consumo en Cuba

La provincia de Guantánamo tiene en la actualidad una matriz energética eléctrica interconectada en términos de potencia del 11% en fuentes renovables de energía y el resto, 89 %, son de combustibles fósiles, derivados del petróleo, por lo que también al igual que el comportamiento a nivel de país existe una fuerte dependencia de la generación eléctrica por esta vía tan contaminante.

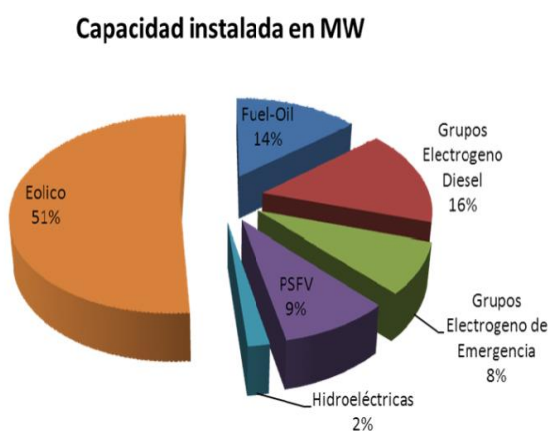


Figura 2. Matriz energética de consumo en Guantánamo

La ueb gráfica Juan Marinello de Guantánamo se dedica a la producción de libros, folletos y otros impresos comerciales. Para el alcance de esos objetivos y cumplir con su principal objeto social demanda varios portadores energéticos por lo que se convierte en un consumidor importante de los mismos y sobre todo de la energía eléctrica como se puede apreciar en el siguiente Diagrama de Pareto que se muestra a continuación:

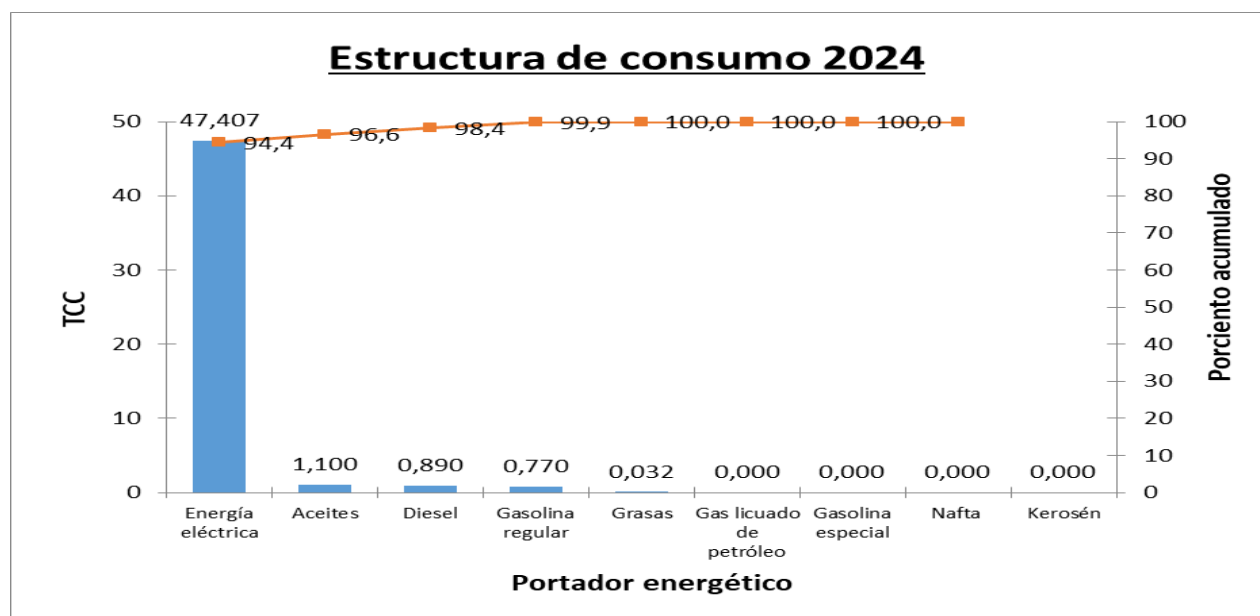


Figura 3. Estructura de consumo de portadores energéticos

Materiales y métodos

Las fuentes renovables de energía, sus tecnologías y aplicaciones hoy tienen un mayor desarrollo técnico-comercial como productoras de electricidad. En solo una hora el Sol suministra más energía a la Tierra que la que se consume en un año en todo el mundo. Sobre la base de la tecnología fotovoltaica, la luz solar se puede convertir en electricidad directamente hacia los diferentes campos de aplicación. Existen dos tipos de instalaciones fotovoltaicas: las conectadas a la red (on-grid), que entregan electricidad a la red eléctrica, y las aisladas que son instalaciones fotovoltaicas alejadas de la red eléctrica.

En Cuba se fomenta el desarrollo del uso de las fuentes renovables de energía y la eficiencia energética, integrándose de forma natural en un solo sistema, en el que la eficiencia energética, el ser humano y la naturaleza son elementos principales.

La situación geográfica y las características propias del territorio le confieren condiciones excepcionales para la instalación de tecnologías que aprovechan las fuentes renovables de energía. Se reciben niveles muy altos de radiación solar durante todos los días del año, como promedio anual, por cada metro cuadrado se recibe una cantidad de energía solar igual a 5 kWh/día equivalente a medio litro de petróleo diario.

La web gráfica Juan Marinello perteneciente al Mindus ocupa un área total de 23 000 m², de las cuales 17 000 m² son techadas, distribuidas en 4 naves, ocupadas por los talleres

productivos, un edificio socio-administrativo, y otras instalaciones auxiliares. La misma pertenece a la empresa Ediciones Caribe del Ministerio de Industrias y tiene su domicilio legal desde su fundación en la calle Serafín Sánchez y 3 Norte del municipio y provincia del mismo nombre, Guantánamo. Esta característica constructiva la hace ideal para el aprovechamiento de su cubierta y la instalación en las mismas de paneles fotovoltaicos que aprovechen la luz solar generando corriente que contribuya a suplir parte de la demanda eléctrica de la ueb antes mencionada.

Las producciones realizadas (libros, folletos, libretas y otras de la industria gráfica) van dirigidas a satisfacer las necesidades educativas de toda la población escolar, llegando inclusive a la universitaria de todo el país y de superación de la cultura general e integral de toda la población cubana.

El objetivo principal del proyecto es aprovechar los beneficios de la energía solar y los espacios disponibles en dicho centro, para implementar un sistema de autogeneración eléctrica a partir de la instalación de Parques Solares Fotovoltaicos (PSFV) que sustituyan parte de su consumo anual diurno proveniente actualmente del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) por energía limpia autogenerada y disminuir así la factura eléctrica de la entidad, convirtiéndose la energía generada por el PSFV totalmente gratis una vez amortizada la inversión, proceso que se verá acelerado por la venta de este tipo de energía al SEN, en resumen, contribuir con el objetivo de país establecido en el Lineamiento 247 de la política económica y social y el programa de desarrollo hasta 2030, de modificar la actual matriz energética cubana logrando una mayor participación de las Fuentes Renovables de Energía (FRE).

Por otra parte tiene como finalidad la reducción de la contaminación medio ambiental a través de la erradicación de fenómenos como el efecto invernadero, directamente relacionado con las emisiones de CO₂, o las lluvias ácidas mediante SO₂, NO_x.

En el año 2024 la ueb registró un consumo total de 149.55 MWh, de ello alrededor del 68 % de esta energía, 101.69 MWh, es consumida en horario diurno asociado al régimen de producción establecido en un turno de trabajo. Los gastos relacionados con el consumo de electricidad no exceden de un 3 % de los gastos totales de la ueb.

Para el montaje de los paneles fotovoltaicos, en este caso un parque de capacidad 40 kWp, fueron analizadas las curvas de demanda promedio que fueron construidas a partir de los

datos históricos de consumo y las bitácoras conservadas en el departamento técnico de la entidad. Cabe destacar que en los días de semana productivos (de lunes a viernes) se presenta un elevado consumo de energía con picos de demanda en horarios de 8:00 am a 2:00 pm, y caídas de 3:00 pm a 4:00 pm. Los fines de semana, en su generalidad presenta un pico en la demanda los sábados productivos de 8:00 am a 12:00 pm, el resto del fin de semana ocurre una caída predominando el consumo determinado por el uso de cargas fijas (iluminación externa y equipos de clima tecnológicos).

En cuanto al respaldo eléctrico, la ueb dispone de reservas para atender cargas vitales en ausencia del SEN, para esto cuenta con un Grupo Electrónico de Emergencia (GEE) trifásico de 445 kVA de capacidad nominal que tributa a la barra de 440 V, dando servicio a los locales de impresión plana y rotativa, edificio socio administrativo, taller de encuadernación y acabado como cargas preferenciales.

Aprovechando la llegada al país de pequeños parques fotovoltaicos para ser montados en cubiertas y el estudio de factibilidad ya realizado se le hace el pedido a la empresa para el montaje en la ueb gráfica guantanamera de un parque con las características antes mencionadas y con ello cubrir parte de la demanda en el horario diurno que coincide con el de mayor eficiencia del parque y de consumo de la fábrica y con ello cambiar la matriz de consumo energética y contribuir al cuidado del ecosistema ya que dejan de quemarse litros de combustible en la casa matriz de donde proviene la energía consumida y de tal forma se dejan de emitir a la atmósfera gases de efecto invernadero.

Con estos antecedentes y realizadas las gestiones pertinentes se contratan los servicios especializados de la ueb Cedai Guantánamo para el montaje del parque fotovoltaico en la modalidad de inyección a red de capacidad nominal instalada ascendente a 40 kWp en su punto de máxima eficiencia coincidente con el Horario Solar Pico (HSP) desde el punto de vista técnico ya que dicha operación contiene el montaje de inversores, transformadores, cables y otros elementos técnicos. Por parte de la ueb se utiliza la fuerza de trabajo para el montaje en cubierta de los paneles solares y su basificación a la misma para que no sea arrastrada por fuertes vientos o algún evento meteorológico o sísmico.

Este parque fotovoltaico está orientado de este a oeste coincidiendo con el movimiento de traslación del sol alrededor de la tierra en esa dirección y aprovechando, además, el horario pico diurno y contribuir a la disminución de la demanda de energía eléctrica en ese horario de

mayor consumo que coincide con el pico productivo y de mayor rendimiento de la fuerza laboral. Este parque fotovoltaico tiene como característica sui géneris que sus paneles están montados sobre una plataforma a dos aguas. En las fotos que se muestran a continuación se muestra el mismo.



Figura 4. Parque Fotovoltaico instalado en la cubierta del Poligráfico

Resultados y discusión

El parque fotovoltaico quedo listo para su puesta en marcha en el mes de junio del año 2023.

El costo de instalación del mismo ascendió a 3 391529.83 MP

Hasta el cierre de diciembre del 2024 se han logrado los siguientes resultados:

	PSFV de 40 kWp
Generación (kWh)	91256
Fuel Oil dejado de consumir (t)	30.144
Emisiones evitadas CO ₂ (t)	70.260
Emisiones evitadas SO ₂ (t)	0.140
Emisiones evitadas NO _x (t)	0.0250

Se ha logrado inyectar a la red 24464 kWh, que han permitido ingresar 65303.97 CUP.

Del total de la energía generada, la fábrica ha consumido 66792 kWh, lo que constituye un ahorro para el país equivalente a 225756.96 CUP.

Producto de esta inversión, desde el mes de julio del citado año fue recontratada la máxima demanda con la empresa eléctrica, bajando de 150 a 130 kW, representado una disminución de la factura mensual de 33840 CUP.

Los parques fotovoltaicos permiten la generación de electricidad a partir de la radiación solar constituyendo los mismos una alternativa importante como parte integrante de las Fuentes Renovables de Energía y que en el país cobra una importancia vital por encontrarse en el trópico donde se aprovecha mejor este tipo de energía.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia, segura y fiable que tiene un impacto positivo sobre el medioambiente, la misma no genera calor, solo transforma una parte de la energía proveniente del sol. Los cálculos hechos sobre los reflejos y las transformaciones de las radiaciones visibles en infrarrojos demuestran que los desequilibrios térmicos son mínimos.

Los parques fotovoltaicos no producen ningún sonido molesto cuando operan debido a que no poseen partes y movimientos mecánicos por lo que no ocasionan ningún tipo de contaminación sonora. Como proviene de un recurso autóctono, su uso disminuye la dependencia energética y económica del exterior. Por otra parte son sistemas que permiten generar energía en el mismo lugar en el que esta se consume. Esto hace que se reduzcan las pérdidas debidas al transporte de la electricidad y que se disminuyan los costes en infraestructuras.

La utilización de este tipo de energía ayuda a mitigar la contaminación del medioambiente, debido a que contribuye a la erradicación de fenómenos, como el efecto invernadero, directamente relacionado con el CO₂, por tanto se clasifica como un desafío planetario a la comunidad humana y debe ser enfrentado de manera radical.

Conclusiones

La instalación del Parque Solar Fotovoltaico de Inyección a Red permite la disminución del consumo electricidad y disminuir la demanda en el horario correspondiente al pico diurno y la generación excedente puede ser comercializada con la empresa eléctrica utilizando las tarifas establecidas en el Manual de Consumidores de la Unión Eléctrica.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia que tiene un impacto positivo sobre el medioambiente, dado que sustituye combustibles fósiles para la generación de

electricidad, permitiendo un ahorro para el país muy importante; en el caso de la web gráfica Juan Marinello se dejan de emitir a la atmósfera cada año 70.0 toneladas de Dióxido de Carbono (CO₂) contribuyendo con esto al cuidado de nuestro medioambiente y dándole cumplimiento a uno de los objetivos de desarrollo sostenible relacionados con el uso eficiente de las FRE.

Bibliografía

- Antonio Luque and Steven Hegedus, E. (2011). *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*. 2 nd Edition. USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Blasing, T. J. (February 2013). *Current Greenhouse Gas Concentrations*. CDIAC.
- Comisión Gubernamental para el Desarrollo Perspectivo de las Fuentes Renovables de Energía. *Informe al Poder Popular Provincial Guantánamo*. 2019.
- Del Moral Pelier, C. & Sarmiento Sera, A. *Influencia de la orientación de los colectores solares en la captación de energía*. La Habana.
- Díaz Villar, P. (2003). *Confiabilidad de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos: Aplicación a la Electrificación Rural*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Diego Onati Arreste. (2006). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica*.
- Energía Solar Fotovoltaica: ¿Dónde y cómo deberían situarse los módulos fotovoltaicos? <http://www.luzverde.org/main2.html>.
- González R., Medrano C., Lagunas J. (2002). *Pequeños Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red Eléctrica, fase II*. Informe Técnico Anual 2001, Informe Interno IIE/01/14/11779/I002/P.
- Lorenzo, E. et. al. (1998). *Electricidad solar. Ingeniería de los sistemas fotovoltaicos*, Sevilla, Ed. Progensa.
- Mann, Michael E. (2014). *Earth Will Cross the Climate Danger Threshold by 2036*. Scientific American
- Martín Lamaison, R. (2004). *Apuntes Energía Solar Fotovoltaica: Radiación Solar*.
- Mora, C (2013). *The projected timing of climate departure from recent variability*. *Nature* 502: 183-187
- Proyecto En Dev/GIZ. (2013). *Instalación de sistemas fotovoltaicos*.
- Sitio Solar, Los paneles solares fotovoltaicos. <http://sitiosolar.com/paneles>.

Stolik Nóvgorod, D. (2019). Energía Fotovoltaica para Cuba.

Tabloide Especial. (2017). *Documentos del 7mo Congreso del PCC aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo del 2017 y respaldados por la Asamblea Nacional del Poder Popular el 1 de junio del 2017*. Periódico Granma. <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis?language=es>
<https://www.iea.org/commentaries/what-is-behind-soaring-energy-prices-and-what-happens-next>

Stolik D. (2012). *100 preguntas y respuestas sobre la energía FV. Primera parte*. La Habana: Ed. CUBASOLAR.

Stolik D. (2012a). *100 preguntas y respuestas sobre la energía FV. Segunda parte*. La Habana: Ed. CUBASOLAR.