



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

**REVISTA CIENTÍFICA de las
FUENTES RENOVABLES de ENERGÍA**

74

DIRECTOR GENERAL

Dr. Luis Bériz Pérez

EDITORES

M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez
Ing. Jorge Santamarina Guerra

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Luis Bériz Pérez
M.Sc. Madelaine Vázquez Gálvez
Ing. Otto Escalona Pérez
Ing. Miguel González Royo
Ing. Dolores Cepillo Méndez

DISEÑO Y COMPOSICIÓN

Alejandro F. Romero Ávila

WEB MASTER

Jesús Guillermo Gil Delgado
Omar Dieppa

RELACIONES PÚBLICAS

Mabel Blanco de la Cruz

CONSEJO ASESOR

Dra. Elena Vígil Santos
Dr. Conrado Moreno Figueredo
Dr. José Guardado Chacón
Dr. Deny Oliva Merecio
Dra. Dania González Couret
Lic. Bruno Henríquez Pérez
Lic. Ricardo Bériz Valle
M.Sc. Mario A. Arrastía Ávila

Eco Solar, no. 74 / 2020

Revista científica de las
fuentes renovables de energía
octubre-diciembre, 2020
ISSN-1028-6004
RNPS-2220



CETER



DIRECCIÓN

Calle 20, No. 4113, e/ 18A y 47
Playa, La Habana, Cuba
TEL.: (53) 72040010; 72062061
E-MAIL: madelaine@cubasolar.cu
HTTP://www.cubasolar.cu



CONTENIDO

CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

MODELO DSM-240-C.....3
Emilio Camejo, H. Rivas Prieto, R. Ramos Heredia y Proenza Yero

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN UNA PLANTA DE HELADOS.....6

Ángel Luis Morales Pons y César A. Cisneros Ramírez

PROPUESTAS DE ALBERGUES TEMPORALES CON BAJO CONSUMO ENERGÉTICO EN PARCELAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE CAMAGÜEY.....10

Kenia Suárez Gerard, Eduardo Antonio Rodríguez García, Rosamalia Fera Ramírez y José Osmani Mariño Velázquez

CONFERENCIA ENERGÍA, INNOVACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MÉTRICO EN LAS EDICIONES 2016 Y 2018.....21

Miriam J. Amado Picasso y Anaely Saunders

AVANCES Y ESTADO ACTUAL DEL BIOGÁS EN

CIENFUEGOS.....27

Omar Gutiérrez Benítez, Inocente Costa Pérez, Cira Águila Cabrera, Evelio Ángel Álvarez López, Ernesto Pentón Martínez y Disney Pérez Rodríguez

REQUERIMIENTOS PARA EL MONTAJE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL.....33

Por Ing. Pablo Sánchez Yáñez

editorial
cubasolar

CARACTERIZACIÓN ELÉCTRICA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS MODELO DSM-240-C

Por Inv. Ag. J. Emilio Camejo*, M. Sc. H. Rivas Prieto*, M. Sc. R. Ramos Heredia* y M. Sc. R. Proenza Yero*

*Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES). Santiago de Cuba. Cuba.

E-mail: jcamejo@cies.cu

Resumen

Se presentan los resultados de la evaluación eléctrica de una muestra de 29 módulos fotovoltaicos de Si-policristalino de potencia nominal 240 Wp, modelos DSM-240-C, instalados en un generador fotovoltaico conectado a la red. Los resultados de la evaluación presentan como promedio que la potencia real medida (222,96 Wp) es 8,6 % inferior al valor Flash declarado por el fabricante.

Palabras clave: Caracterización eléctrica, módulos fotovoltaicos, curva I-V.

ELECTRICAL CHARACTERIZATION OF PHOTOVOLTAIC MODULES MODEL DSM-240-C

Abstract

The results of the electrical evaluation of a sample of 29 Si-polycrystalline photovoltaic modules of nominal power 240 Wp, model DSM-240-C, installed in a photovoltaic generator connected to the grid are presented. The results of the evaluation show on average that the real power measured (222,96 Wp) is 8,6 % lower than the Flash value declared by the manufacturer.

Keywords: Electrical characterization, photovoltaic modules, curve I-V.

Introducción

Hoy en día el control de calidad de las instalaciones fotovoltaicas se basa cada vez más en condiciones estándar de medida (CEM), conocida también por sus siglas en inglés STC, de potencia de muestras de módulos fotovoltaicos individuales, realizados en laboratorios especializados antes de su instalación en el campo. Esto asegura la potencia inicial entregada por el fabricante fotovoltaico, pero no excluye las nuevas ocurrencias de fenómenos no deseados, como la degradación inicial de luz, puntos calientes, «polarización», etc., que también forman parte de la realidad sobre el terreno [Martínez-Moreno *et al.*, 2011]. Por otra parte, no permite el control de las pérdidas de energía debido a la suciedad, mala adaptación y el cableado. Este marco favorece al florecimiento de importantes disparidades entre la efectividad de la potencia en CEM y la potencia nominal del generador fotovoltaico, que no es más que la suma de la potencia CEM de los módulos, dada por sus fabricantes.

El estudio que se presenta aborda la experiencia del Centro de Investigaciones de Energía Solar (CIES) en la caracterización eléctrica de módulos fotovoltaicos (FV) y consistió en evaluar la potencia eléctrica de una muestra de 29 módulos fotovoltaicos (FV) de Si-policristalino de potencia pico 240 Wp, a partir del trazado de la curva I-V y su corrección a las CEM, bajo las condiciones ambientales características de la zona, donde confluyen de manera conjunta altos niveles de radiación solar, temperatura ambiente y humedad relativa, según lo establecido en la Norma IEC (del inglés *International Electrotechnical Commission*).

Desarrollo

El generador fotovoltaico (GFV) se encuentra ubicado en Santiago de Cuba, en las coordenadas, Latitud: 20° 00' 75" y Longitud: 75° 77' 07".

Las mediciones se realizaron con un Trazador de Curva I-V, comercial, marca HT, modelo I-V 400 fabricado por HT Instruments [https://HT-instrumens.com, s/a], el cual permite de forma directa la obtención de la Curva I-V y las características de sus principales parámetros eléctricos. Este Trazador de Curva permite medir hasta un máximo de 1000 V y 10 A, con una exactitud de $\pm 2\%$. Las curvas I-V obtenidas se corrigen según la norma IEC-60891 [IEC Standard-60891, 2009], que establece que las mismas deben hacerse solo cuando la irradiancia total no fluctúe en más de $\pm 1\%$ durante la medición y la misma sea superior a 700 W/m^2 .

La medida de irradiancia incidente se realizó con una célula de referencia modelo HT 304, de la misma tecnología y material de los módulos FV, colocada de forma coplanar al módulo FV y la temperatura de la célula, mediante una termoresistencia, modelo PT300N, colocada en el centro de la parte trasera de cada módulo FV evaluado. Ambos dispositivos, auxiliares, forman parte del Trazador de Curva comercial, modelo I-V 400, cuyas características principales son las siguientes:

1. Sensor de Irradiancia:

Célula de referencia, modelo HT304, marca HT

- Tecnología: Si- Policristalino
- Sensibilidad de la celda: $28,9 \text{ mV/kW/m}^2$
- Coeficiente de temperatura I_{sc} : $0,06\% / ^\circ\text{C}$
- Rango de operación: $50\text{--}1400 \text{ W/m}^2$
- Precisión: $\pm 3\%$
- Campo [mV]: $1,0 \div 100,0$
- Resolución [mV]: $0,1$
- Incertidumbre: $\pm (1,0\% \text{ lectura} + 5 \text{ dígitos})$

2. Sensor de temperatura:

- Termoresistencia Modelo: PT300N
- Sensibilidad: $3,85 \Omega / ^\circ\text{C}$
- Precisión: $\pm 1^\circ\text{C}$.
- Campo [$^\circ\text{C}$]: $-20 \pm 100,0$
- Resolución [$^\circ\text{C}$]: $0,1$
- Incertidumbre: $\pm (1,0\% \text{ lectura} + 1^\circ\text{C})$

Los módulos FV evaluados están compuestos por 60 celdas solares de Si-policristalino de formato $156 \text{ mm} \times 156 \text{ mm}$, conectadas en serie. El arreglo de celdas solares se encuentra encapsulado en el interior de dos láminas de EVA (Etilen Vinil Acetato), insertado a la vez entre un vidrio templado con un espesor de $3,2 \text{ mm}$ por la parte frontal y por el dorso una lámina multicapas con excelentes propiedades eléctricas, químicas y mecánicas, la cual garantiza la protección del módulo FV y una adherencia perfecta con el EVA. Las características eléctricas del módulo FV se describen a continuación:

Tabla 1. Características eléctricas del módulo FV

MODULO SOLAR DSM-240-C	
Potencia nominal [Wp]	240
Corriente en el punto de máxima potencia (Imp) [A]	8,18
Voltaje en el punto de máxima potencia (Vmp) [V]	29,8
Corriente de corto circuito (Isc) [A]	8,54
Voltaje a circuito abierto (Voc) [V]	37,0
Tolerancia [W]	± 3

Resultados

1. Evaluación de potencia eléctrica

Durante las mediciones, la irradiancia (G) se comportó entre 799 y 1160 W/m^2 , alcanzando temperatura máxima en la célula (T) de los módulos FV de $63,9^\circ\text{C}$ y mínima de $48,0^\circ\text{C}$.

La Tabla 2, muestra los valores medidos de potencia, irradiancia y temperatura del módulo FV, el porcentaje de error entre la potencia Flash dada por el fabricante y la potencia en CEM, en 29 módulos FV.

De la Tabla 2, se deriva que en promedio la potencia eléctrica en CEM ($222,96 \text{ Wp}$) de los 29 módulos FV evaluados, es $8,6\%$ inferior al valor de potencia Flash declarada por el fabricante. La Fig. 1, muestra el gráfico de dispersión de las medidas de potencia Flash y CEM.

Tabla 2. Valores medidos de potencia, irradiancia y temperatura de los módulos FV

# de serie	P máx. (Wp)	Irradiancia (W/m^2)	Temp. Módulo ($^\circ\text{C}$)	CEM (Wp)	Flash (Wp)	% de error
1309202228	181,24	897	54,1	225,00	245,98	-8,53
1308202138	209,24	1062	50,1	219,33	242,34	-9,49
1308201493	203,76	1033	55,0	224,01	243,48	-8,00
1308201908	200,56	1024	56,3	223,56	245,31	-8,87
1308202196	227,79	1160	56,0	227,45	246,61	-7,77
1306201489	217,11	1063	48,3	225,31	245,01	-8,04
1306802182	197,35	969	50,8	225,42	244,34	-7,74
1308202164	201,65	965	52,7	219,65	243,61	-9,84
1308201360	195,92	978	48,1	224,32	241,71	-7,19
1308201164	205,67	1020	51,1	222,35	241,96	-8,10
1308201368	204,10	1021	50,9	228,08	242,93	-6,11
1308200356	207,29	1006	51,2	223,16	239,76	-6,92
1308203472	210,02	1034	48,0	223,70	242,28	-7,67
1308202161	177,40	889	54,6	225,16	242,88	-7,30
1308203492	188,97	938	52,7	220,20	240,78	-8,55
1308202201	206,42	1016	49,9	227,28	242,99	-6,47
1309202434	198,43	1011	52,9	213,39	242,38	-11,96
1309202491	203,11	1003	53,2	223,07	248,92	-10,38
1309202411	182,74	1016	63,9	227,36	243,80	-6,74
1309202473	203,38	1026	53,6	224,46	246,22	-8,84
1309202459	164,94	799	54,3	224,35	245,09	-8,46
1309202450	166,39	823	55,1	222,75	242,35	-8,09
1309202457	169,89	834	53,7	224,00	241,48	-7,24
1309202431	172,06	861	55,5	217,55	246,80	-11,85
1309202433	174,65	865	55,0	217,69	245,54	-11,34
1309202452	183,01	935	52,6	218,42	245,33	-10,97
1309202425	180,45	958	60,1	222,93	247,30	-9,85
1308202173	190,37	992	55,7	231,97	244,50	-5,12
1308207466	217,58	1107	54,4	223,59	242,50	-7,80
Promedio	194,53	976	53,4	222,96	245,13	-8,6

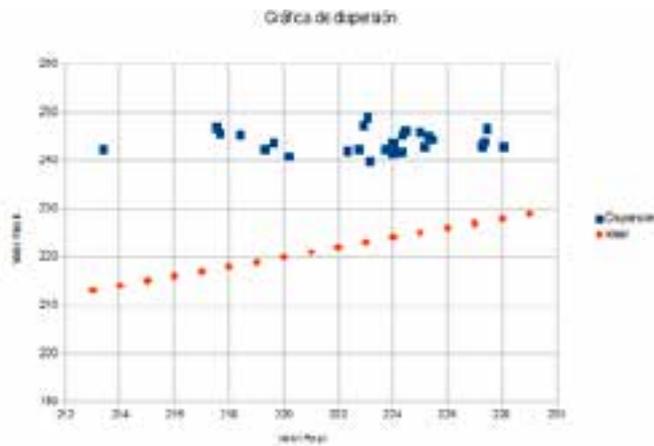


Fig. 1. Gráfico de dispersión de las medidas Flash y en CEM.

En el gráfico de dispersión, Fig. 1, la línea diagonal (rombos) representa los valores ideales, en los que la potencia Flash es igual a la potencia real en CEM, y en cuadrados la dispersión de los valores reales en CEM. En el análisis del gráfico observamos que si los valores de la dispersión se encuentran por debajo de la línea diagonal, ello indica que los valores reales CEM son mayores que los valores Flash, y por el contrario, si los valores reales CEM se encuentran por encima de la diagonal ello indica que se encuentran por debajo del valor Flash, cómo es evidente en el análisis realizado.

Las curvas I-V obtenidas bajo condiciones reales de operación son extrapoladas a las CEM, de conformidad con la norma IEC 60891. La Fig. 2 muestra las curvas I-V, de dos módulos FV seleccionados, para las cuales fueron escogidas, a) peor valor de potencia nominal obtenida, correspondiente al módulo FV con número de serie 1309202434 y b) mejor valor de potencia nominal obtenido, correspondiente al módulo FV con número de serie 1308202173 y su extrapolación a CEM utilizando los coeficientes de corriente y tensión de temperatura, $\alpha = 0,065 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ y $\beta = -0,34 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Los datos de potencia Flash y CEM, de estos módulos FV, pueden observarse en la Tabla 2.

I-V OPC: representación gráfica del módulo FV, trabajando bajo condiciones normales de operación.

I-V Nominal: representación gráfica del módulo FV, como si trabajasen a 25°C y 1000 W/m^2 .

I-V CEM: representación gráfica del módulo FV, trabajando bajo condiciones normales de operación y corregido a las CEM, (25°C y 1000 W/m^2).

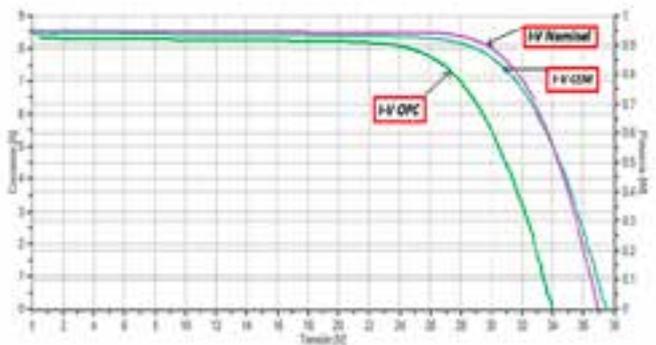


Fig. 2 b). Curva I-V del módulo medido con mejor valor de potencia nominal.

Conclusiones

En los 29 módulos FV evaluados, en promedio, la potencia real medida ($222,96 \text{ Wp}$) es $8,6 \text{ } \%$ inferior al valor Flash declarado por el fabricante, de lo que se infiere que esta diferencia puede interpretarse como un indicador de mala calidad de los módulos fotovoltaicos.

Referencias bibliográficas

IEC STANDARD 60904-1 (2206). «Photovoltaic Devices. Part 1: Measurements of Photovoltaic Current–Voltage Characteristics». International Electrotechnical Commission.

IEC STANDARD-60891 (2009). «Photovoltaic Devices. Procedures for Temperature and Irradiance Corrections to Measured I–V Characteristics». International Electrotechnical Commission.

SPERTINO, F.; A. ABETE, R. NAPOLI (2006). «Experimental testing of grid-connected PV Systems with different power in order to assess the yearly energy production». 21st European Photovoltaic Solar Energy Conference, 2312–2315, Dresden, Germany.

F. MARTÍNEZ-MORENO, E. LORENZO, J. MUÑOZ and R. MORETÓN (2011). «On the testing of large PV arrays. Progress in photovoltaics: research and applications: Res. Appl».. <https://HT-instrumens.com> (s/a).

Recibido: 1ro de agosto 2020.

Aceptado: 20 de agosto de 2020.

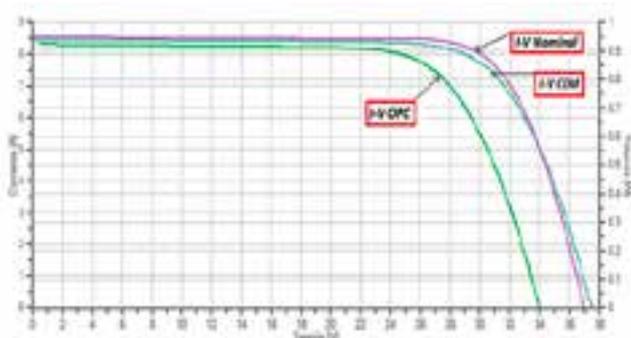


Fig. 2 a). Curva I-V del módulo medido con peor valor de potencia nominal.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE LA APLICACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN UNA PLANTA DE HELADOS

Por Ing. Ángel Luis Morales Pons* y Dr. C.T. César A. Cisneros Ramírez**

*Empresa Complejo Lácteo Habana, La Habana.

E-mail: angel.morales@eclh.cu

**Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter)

E-mail: cesar@ceter.cujae.edu.cu; cacisnerosramirez@gmail.com

Resumen

Este estudio fue realizado en una planta de helados y tuvo como objetivo evaluar la factibilidad técnico-económica-medioambiental del empleo de la energía solar en el proceso de pasteurización del helado. Se demostró que desde el punto de vista técnico económico es factible lograr el objetivo usando colectores planos, cuyo precio oscila entre \$ 150/m²–300 /m².

Palabras clave: Energía solar térmica, factibilidad, pasteurización, helados.

FEASIBILITY STUDY OF THE APPLICATION OF SOLAR ENERGY IN AN ICE CREAM PLANT

Abstract

This study was carried out in an icecream plant and its objective was to evaluate the technical economic and environmental feasibility of the use of solar energy in the icecream pasteurization process. It was shown that from the technical and economic point of view it is feasible to achieve the objective using flat collectors, whose price ranges between 150-300\$/m².

Keywords: solar energy, feasibility, pasteurization.

Introducción

En el mundo, 66 % del calor es generado por combustibles fósiles y 45 % es usado en la industria como calor de proceso a bajas temperaturas ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) [Ávila and Linares 2013; Santos 2017]. En los años 1970 hasta 1980 hubo gran interés por el uso de la energía solar térmica aplicada a procesos de calentamiento; a pesar del significativo esfuerzo muy pocos proyectos tuvieron éxitos debido al alto costo de los colectores solares comparado con la quema de combustibles fósiles. Es a partir de los años 2000 que vuelven a retomar auge los proyectos solares aplicados a la industria, sobre todo en las bajas temperaturas. El desarrollo de la energía solar térmica en aplicaciones industriales ha crecido con cierta rapidez. En 2010 la Agencia Internacional de Energía registró cerca de 42 MW de energía térmica mundial (60 000 m²). En 2014, alrededor de 140 plantas solares térmicas fueron reportadas en todo el mundo con una capacidad total de más de 93 MW

($\approx 136\ 000\ \text{m}^2$) y solamente 18 plantas tienen áreas colectoras mayores de 1000 m²; la mayoría de las plantas son proyectos pilotos en pequeñas escalas, en los que alrededor de 70 % de las instalaciones usan colectores planos y evacuado [Quijera, Alriols *et al.*, 2011, Schmitt 2016].

Para abril de 2016, 188 plantas solares de procesos térmicos fueron reportadas que entraron en operación, con capacidad acumulada de 106 MW térmico (154 500 m²); de estos, 21 sistemas exceden 0,7 MW_{térmico} (1000 m²) de capacidad de pico térmico, 35 han instalado capacidades entre 0,35-0,7 MW_{térmico} (500–1000 m²) y 132 son menores de 0,35 MW_{térmico} [Lugo, García-Valladares *et al.*, 2019].

Cuba tiene alta dependencia de las importaciones y de consumos de combustibles fósiles, más de 93 % de energía eléctrica y el calor que se produce en la industria es a partir de la quema de estos combustibles, lo que hace al sector eléctrico el responsable de aproximadamente 40 % de

las emisiones totales de gases contaminantes en el país, dando lugar a que ocupe el quinto lugar en el mundo en la emisión de CO₂ por kWh generado.

Todo lo anteriormente expuesto evidencia cada vez más el apremio de avanzar hacia el uso de las fuentes renovables de energía; por otra parte, al encontrarse Cuba en una zona geográfica de alta radiación solar hace de este recurso una fuente atractiva para su estudio y aprovechamiento.

El objetivo de este trabajo es analizar la factibilidad técnico-económica de la utilización de la energía solar térmica para la pasteurización de las mezclas de helados en la entidad de estudio.

Materiales y métodos

Este estudio fue realizado en una fábrica de helados que tiene una capacidad para procesar 10 000 litros de leche fresca diariamente durante los 365 días del año. Actualmente la planta utiliza como fluido calefactor agua caliente (15 000kg/h a 86 °C), la cual es calentada en un intercambiador continuo con vapor saturado (2 bar), a partir de la quema de diésel en una caldera de 1,2 ton y una presión de 6 bar. Este vapor es transportado en tuberías de acero negro que están aisladas a una distancia aproximadamente de 60 metros, de donde pasa a través de una válvula reductora donde la presión se reduce hasta 2 bar. En la sala de calderas no

se recupera el condensado, por lo que el agua que entra al generador de vapor está a temperatura ambiente (24 °C).

La figura 1 muestra el esquema de la instalación solar. La bomba succiona agua del tanque o cisterna que se encuentra a temperatura ambiente, durante un tiempo determinado. Esta agua pasa por el colector para calentarse con la radiación solar hasta una temperatura determinada; posteriormente se calienta hasta 90 °C en un calentador cuyo medio de calentamiento es vapor y luego se almacena en un tanque isotérmico con pérdida de temperatura como máximo de 4 °C. Este proceso se repite diariamente 2,12 horas. Una vez que comience el proceso de pasteurización esta agua almacenada es bombeada para el pasteurizador a placas y esta recircula por la válvula 2. Cuando haya terminado la pasteurización se cierra la válvula 2 y se abre la válvula 1 para utilizar esta agua en la limpieza de los equipos, por lo que a la salida de estos se encuentra un tanque aislado que almacena toda el agua a una temperatura promedio de 79,87 °C, donde es bombeada nuevamente al calentador con vapor, para elevar la temperatura a 86 °C. En el estudio se tomaron las experiencias del diseño del campo solar resultantes del trabajo [Martínez-Rodríguez, Fuentes-Silva *et al.*, 2019].

Los colectores empleados para el análisis son de tubos al vacío. La figura 2 muestra el esquema desarrollado en la pantalla de simulación del programa TRNSYS, herramienta empleada para el análisis.

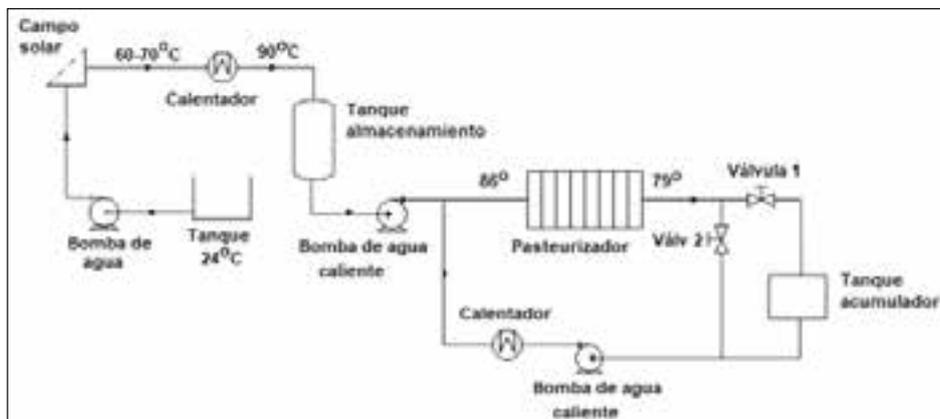


Fig. 1. Instalación solar.

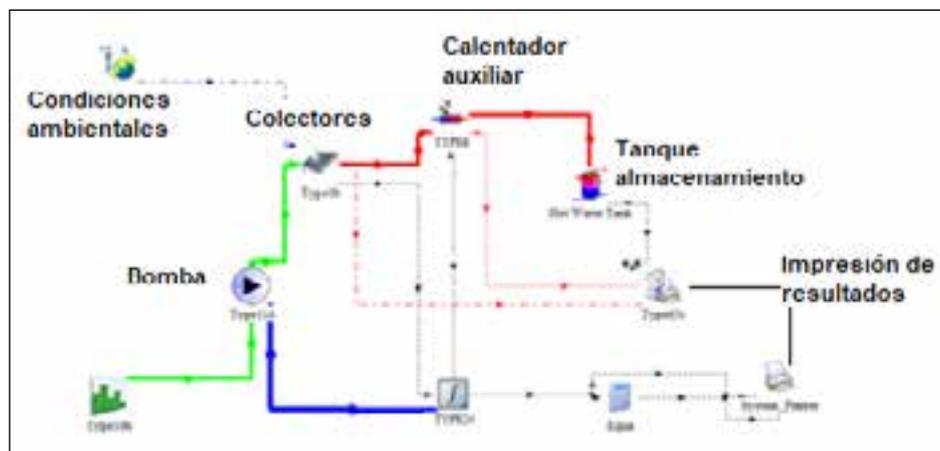


Fig. 2. Esquema TRNSYS.

Los datos empleados para la simulación son los siguientes:

- Flujo total de agua: 15 000 kg/día
- Temperatura del agua a proceso: 90 °C
- Área de colección: 150 a 600 m²

Para el estudio de factibilidad se tomaron dos escenarios: escenario 0 y escenario 1. En el escenario 0 no se emplea energía solar y en el escenario 1 se emplea la energía solar.

El precio del petróleo se tomó del balance económico de la entidad de análisis igual a 0,653\$/kg diésel y debido a la tendencia mundial se tomó la inflación de 4 %; la tasa de descuento se tomó entre 8 % y 12 %. Los costos de mantenimiento del sistema son mínimos, pero es indispensable contar con recursos para la limpieza de los colectores, las protecciones de los sistemas y reparaciones mínimas de las líneas de interconexión, por lo que se estableció un monto de \$200/año. Dentro de los costos están los eléctricos y estos varían en función de los horarios de trabajo. La tarifa de energía eléctrica es la M1-A (UNE 2018) y el precio del kWh es \$0,139. Los costos eléctricos anuales obtenidos en función del horario de trabajo son: \$377/año (8 a.m.-6 p.m.), \$339/año (8 a.m.-5 p.m.), \$301/año (9 a.m.-5 p.m.), y \$264/año (9 a.m.-4 p.m.).

El precio de los colectores se tomó oscilando entre \$200/m² a \$300/m² [Franz Mauthner, Werner Weiss *et al.*, 2016]. Para los cálculos de las emisiones de CO_{2e} se tomó el precio promedio de los seis primeros meses de 2018 en el mercado voluntario de carbono de Estados Unidos \$11.82/ton CO_{2e} [Morales, 2016]. Los precios para la inversión de la instalación solar fueron ofertados por la empresa de calderas Alastor.

Resultados

Los cálculos para el escenario 0 arrojan que el consumo de combustible en el año es de 57 063kg con un gasto de 37 262 pesos.

Los resultados para el escenario 1 se muestran a continuación. La figura 3 muestra el valor de fracción solar obtenida para cada área de colector analizada. Aquí se observa que el incremento de la fracción solar es mayor (mayor pendiente) entre los 200 y 300 m².

Esto queda muy asociado con lo representado en la figura 4, en la que se ve la disminución del consumo de combustible una vez empleada la energía solar.

El gasto monetario por consumo de combustible (\$/kg diésel) se muestra en la figura 5.

La evaluación económica queda reflejada en los resultados mostrados en la Tabla 1.

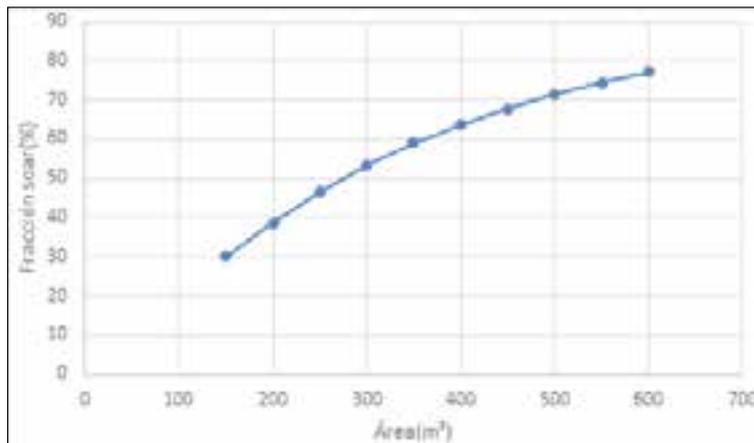


Fig. 3. Fracción solar.

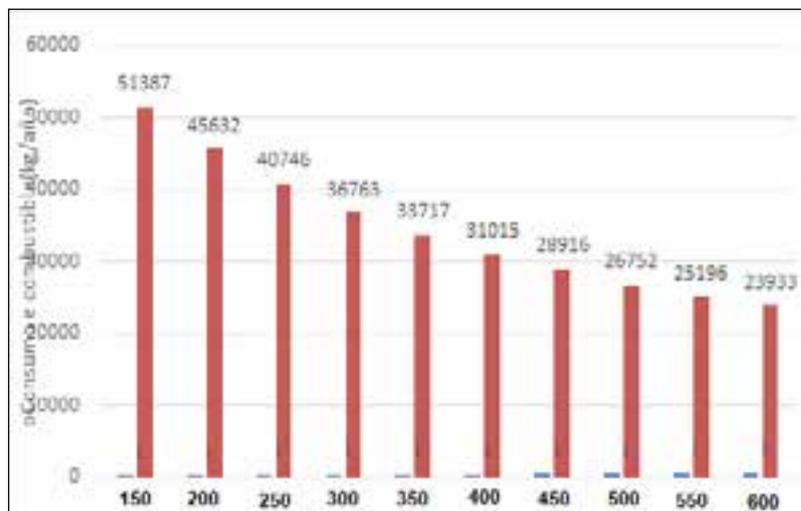


Fig. 4. Consumo de combustible.

De la tabla se observa que, para la capacidad de producción de agua caliente analizada en este trabajo, no es factible poner áreas de colector por debajo de los 250 m². Desde el punto de vista de la recuperación de la inversión, el tiempo de la misma es mayor a los seis años.

Conclusiones

Se realizó el análisis de factibilidad del empleo de la energía solar en la pasteurización de las mezclas de he-

lados. El estudio se concentró en una capacidad de mezcla de helados de 16 960 litros. Del análisis resultó que se logra una disminución del consumo de combustible entre 5676 y 33 130 kg/año dependiendo del área de colector escogida, lo cual se traduce en un ahorro de \$3706 y \$21 633, respectivamente.

De todo lo anterior se concluye que es factible usar la energía solar térmica en el proceso de pasteurización del helado para la capacidad analizada.

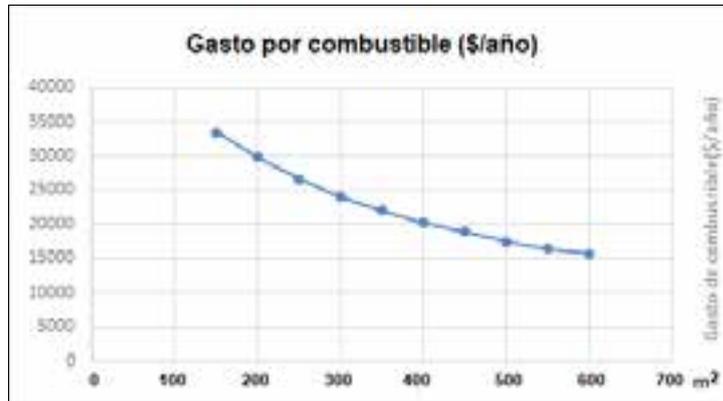


Fig. 5. Gasto por combustible.

Tabla 1. Resultados económicos

Área m ²	Resultados de la evaluación económica																										
	Precio colector 280\$/m ²								Precio colector 258\$/m ²								Precio colector 300\$/m ²										
	VAN (\$)			TIR (%)			PR (años)			VAN (\$)			TIR (%)			PR (años)			VAN (\$)			TIR (%)			PR (años)		
	Tasa de descuento (%)																										
	0	10	12	0	10	12	0	10	12	0	10	12	0	10	12	0	10	12	0	10	12	0	10	12	0	10	12
150	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
200	1.172	2.244	N/A	11	11.0	N/A	8.0	8.0	N/A	3.154	N/A	N/A	0	N/A	N/A	9.8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
250	3.919	2.730	1.899	15	15.0		7.3	7.3	7.3	2.564	1.993	0.119	12	12.0	12.0	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2
300	5.933	3.624	2.130	17	17.0		6.7	6.7	6.7	4.331	2.353	0.963	14	14.0	14.0	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
350	7.223	4.580	2.714	18	18.0		6.6	6.6	6.6	5.365	2.972	1.362	15	15.0	15.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
400	8.280	5.269	3.201	18	18.0		6.5	6.5	6.5	6.145	3.454	1.633	15	15.0	15.0	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
450	8.837	5.597	3.374	18	18.0		6.5	6.5	6.5	6.435	3.654	1.689	15	15.0	15.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
500	9.476	5.960	3.595	18	18.0		6.5	6.5	6.5	6.807	3.719	1.634	14	14.0	14.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
550	9.613	5.996	3.520	17	17.0		6.7	6.7	6.7	6.677	3.580	1.363	14	14.0	14.0	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
600	9.623	6.832	3.311	17	17.0		6.8	6.8	6.8	6.320	3.488	0.968	13	13.0	13.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9

Bibliografía

ÁVILA, M. A. AND S. C. LINARES (2013). *Energía: El invencible dios Sol*. ISBN 978-959-05-0682-6

FRANZ MAUTHNER, WERNER WEISS AND M. SPORK-DUR.(2016). *Solar Heat Worldwide*.

LUGO, S.; O. GARCÍA-VALLADARES, R. BEST, J. HERNÁNDEZ AND F. HERNÁNDEZ (2019). «Numerical simulation and experimental validation of an evacuated solar collector heating system with gas boiler backup for industrial process heating in warm climates». En *Renewable Energy* 139: 1120-1132. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.136>. ISSN 0960-1481. DOI 10.1016/j.renene.2019.02.136

MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, G.; A. L. FUENTES-SILVA, J. R. LIZÁRRAGA-MORAZÁN AND M. PICÓN-NÚÑEZ (2019). «Incorporating the Concept of Flexible Operation in the Design of Solar Collector Fields for Industrial Applications». *Energies*12(570). DOI 10.3390/en12030570.

MORALES, D. L. R. (2016). «Recuperación de la disponibilidad de generación en el ciclo combinado de energías Varadero con aporte termosolar».

QUIJERA, J. A.; M. G. ALRIOLS AND J. LABIDI (2011). «Integration of a solar thermal system in a dairy process». *Renewable Energy* 36: 1843-1853. ISSN 0960-1481. DOI 10.1016/j.renene.2010.11.029

SCHMITT, B. (2016). «Classification of industrial heat consumers for integration of solar heat». *Energy Procedia* 91 (2016) 650 – 660 91: 650 – 660. ISSN 1876-6102. DOI 10.1016/j.egypro.2016.06.225

UNE (2018). «Precio de la electricidad de tarifa no residencial U. Eléctrica».

VIGIL SANTOS, E. (2017). «Ninguna alerta es suficiente para frenar el uso de combustibles fósiles». En *Energía y Tú* 77. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN 1028-9925.

Recibido: 1ro de agosto 2020.
Aceptado: 20 de agosto de 2020.

PROPUESTAS DE ALBERGUES TEMPORALES CON BAJO CONSUMO ENERGÉTICO EN PARCELAS DEL CENTRO HISTÓRICO DE CAMAGÜEY

Por **M. Sc. Arq. Kenia Suárez Gerard***, **Est. Eduardo Antonio Rodríguez García****, **Est. Rosamalia Feria Ramírez***** y **Est. José Osmani Mariño Velázquez******

* Profesora Asistente del Departamento de Arquitectura. Universidad Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

E-mail: kenia.suarez@reduc.edu.cu

**ATD. Estudiante de Arquitectura. Asistente. Técnico Docente del Departamento de Arquitectura. Universidad Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

Email: edurodriguez@nauta.cu

***Estudiante de Arquitectura. Alumna ayudante de la Disciplina de Diseño. Universidad Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

E-mail: rosamalia@nauta.cu

Estudiante de Ingeniería Mecánica. Universidad Ignacio Agramonte Loynaz, Camagüey, Cuba.

E-mail: josmani@nauta.cu

Resumen

Las amenazas de origen natural agravadas por los efectos del cambio climático, y exacerbadas por afectaciones antrópicas, incrementan aceleradamente la vulnerabilidad física del fondo residencial en centros históricos. Por ello, la gestión de riesgo del patrimonio debe considerar diversas acciones para la mitigación de impactos, dentro de las cuales la generación de albergues temporales constituye una alternativa viable para intervenciones estratégicas. Estas edificaciones deben contar con los medios necesarios para hospedar, por determinados períodos, a grupos de personas damnificadas. En este sentido, su diseño y construcción, deben responder a los principios del desarrollo sostenible con la eficiencia energética y el ahorro de energía como premisas. De ahí que, al manifestarse afectaciones en el centro histórico de la ciudad de Camagüey, que es el más extenso del país, este se toma como estudio de caso. Por tanto, el objetivo es diseñar variantes de albergues temporales con bajo consumo energético, que posibiliten un uso racional de la energía y brinden protección a los damnificados ante los daños al fondo residencial en el centro histórico camagüeyano. Para ello se emplean métodos teóricos, se utilizan datos de investigaciones previas e informaciones proporcionadas por entidades, de conjunto con el levantamiento fotográfico y la observación, para la selección de las parcelas. También, se aplica la metodología para la conservación de centros históricos. Como principales resultados se ofrecen pautas para el diseño y la construcción en función de criterios urbano-arquitectónicos, físico-ambientales, socio-económicos y técnico-constructivos, con la propuesta en dos parcelas de las estudiadas en este sitio.

Palabras clave: Albergues temporales, centro histórico de Camagüey, bajo consumo energético, eficiencia energética.

PROPOSAL OF TEMPORARY SHELTERS WITH LOW ENERGETIC CONSUMPTION IN PARCELS OF CAMAGUEY HISTORICAL CENTER

Abstract

Natural hazards aggravated by the effects of the climatic change, and exacerbated by anthropic effects, rapidly increase the physical vulnerability of the residential fund in historical centers. For this reason, heritage risk management should consider various actions to mitigate impacts, within which the generation of temporary shelters constitutes a viable alternative for strategic interventions. These buildings should have the

necessary means to accommodate groups of affected people for certain periods. In this sense, its design and construction must respond to the principles of sustainable development with energetic efficiency and energy saving as premises. Hence, when the effects are manifested in the historical center of Camagüey city, which is the largest in the country, this is taken as a case study. Therefore, the aim is to design variants of temporary shelters with low energetic consumption, which allow a rational use of energy and provide protection to the victims against damage to the residential fund in Camagüey historical center. For this, theoretical methods are used, as data from previous researching and information provided by entities, together with the photographic survey and observation, for the selection of the parcels. The methodology for the conservation of historical centers is also applied. As main results, guidelines are offered for design and construction, based on urban-architectural, physical-environmental, socio-economic and technical-constructive criteria, with the proposal in two parcels of those studied in this site.

Keywords: *Temporary shelters, Camagüey historical center, low energetic consumption, energetic efficiency.*

Introducción

En la actualidad el patrimonio no aparece prácticamente en las estadísticas mundiales de los desastres Unesco [2014], sin embargo, en estas zonas antiguas, habita una cantidad considerable de la población urbana que depende del patrimonio para el desarrollo económico y socio-cultural. Por tanto, es preciso proteger a la población de algunos centros históricos que, en un porcentaje importante, reside con significativos niveles de vulnerabilidad física ante la manifestación de peligros naturales y factores de riesgo antrópicos que causan daños físicos directos a las viviendas.

En este sentido, en contextos de valor patrimonial la gestión de riesgo en sus tres etapas: antes, durante y después de los desastres, debe buscar alternativas para mitigarlos. Es por ello que se considera que el empleo de albergues temporales constituye una de esas alternativas para apoyar las acciones de reducción o enfrentamiento a las vulnerabilidades.

A la par de ello, hoy en día se reconoce que, las construcciones sostenibles, la eficiencia y el ahorro energéticos, entre otros conceptos de sustentabilidad, adquieren más significado debido a las problemáticas ambientales existentes en todo el mundo. La comprobación de lo limitado de las actuales reservas energéticas ha provocado, a nivel mundial, una reconsideración en la búsqueda y aprovechamiento de las fuentes y sistemas energéticos. Por eso, medidas como la rehabilitación energética de las edificaciones o el uso de energías renovables reciben especial atención. La sustentabilidad de la arquitectura se ha enfocado en los materiales de construcción, en la calidad de los interiores para reducir el impacto ambiental, en el ahorro del agua, en el respeto por el sitio, en el confort higrotérmico y en las fuentes de energía renovables. En Cuba, un gran porcentaje de la población reside en zonas urbanas, por tanto, la influencia energética y ambiental de las edificaciones es significativa, lo que exige la soberanía e independencia en la reducción del consumo de energía ya que el petróleo nacional es insuficiente.

Materiales y métodos

Como resulta complejo el proceso de generación de albergues temporales en zonas urbanas históricas, sobre

todo, al tener en cuenta las condiciones de Cuba, el trabajo se aborda la importancia de que los diseños contribuyan al bajo consumo energético, el uso racional de la energía y brinden protección a los damnificados en el centro histórico camagüeyano. Para ello, se aplican métodos teóricos, se utilizan datos de investigaciones previas relacionadas e informaciones proporcionadas por entidades, de conjunto con el levantamiento fotográfico y la observación para la selección de las parcelas. El trabajo de campo y el intercambio con los residentes durante la aplicación de fichas para el diagnóstico a escala urbana y arquitectónica de la vulnerabilidad física del fondo residencial [Suárez, 2017; Suárez y Pérez, 2017], aportaron información en un porcentaje significativo para las bases de diseño con principios de sustentabilidad que se definen.

Los impactos medioambientales del área de estudio, según reportan diferentes fuentes, revelan la necesidad apremiante de trabajar en rehabilitaciones y adecuaciones resilientes en las viviendas, en frenar el derroche energético, en coleccionar agua pluvial y aprovechar las innovaciones en materiales y técnicas que contribuyan mejorar la habitabilidad en este sector de la ciudad [Citma, 2012; Rodríguez, Mazorra, Gómez, Fernández y Pascual, 2012; Díaz, 2016]. Por tanto, el diagnóstico realizado hace que se consideren períodos cortos, medios y largos de estancia en los albergues pues se deben tratar emergencias por daños de eventos naturales extremos, pero también, el proceso de degradación residencial que es inherente a estas áreas, obliga a la programación de intervenciones en el fondo residencial ante peligro de colapsos o notable deterioro.

Resultados y discusión

1. Algunas definiciones y comentarios sobre los ejes temáticos abordados

En este ámbito, la gestión de riesgos del patrimonio divide las amenazas en: primarias y secundarias [Unesco, 2014]. Las amenazas primarias lo constituyen efectos potencialmente catastróficos como terremotos, sismos, inundaciones, entre otras, mientras que, se les llaman amenazas secundarias, lentas y progresivas o factores de riesgos subyacentes, al resto. La manifestación de las amenazas

secundarias puede verse en peligros derivados de la planificación urbana o regional, el turismo incontrolado o la desatención de la exposición a daños de determinado elemento o de un conjunto de estos por poner ejemplos.

Es por eso, que la gestión de riesgos de desastres para el patrimonio, debe proteger no solo de las grandes amenazas, sino también, posibilitar la reducción de los factores de vulnerabilidad. Para ello, debe trabajarse desde etapas preventivas para evitar la acumulación de vulnerabilidades. Esta posibilidad la ofrece el empleo de albergues temporales cuya efectividad empieza desde una correcta evaluación de riesgos y vulnerabilidades para la ubicación de las zonas más propensas a daños y la toma de decisiones sobre qué acciones priorizar, por dónde empezar, a qué población debo proteger o reubicar previamente.

Esta alternativa de apoyo a la mitigación de riesgos entre sus definiciones se establece como: lugar físico creado o identificado como un lugar seguro, que cuenta con todos los medios necesarios para hospedar por periodos cortos o medianos, a un grupo de personas afectadas por los resultados del impacto de una amenaza [Centro Regional de Referencia, 2014]. Estos, según estableció el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat), en la versión ejecutiva del perfil de la vivienda de Cuba publicada en 2014, se llaman viviendas de tránsito. Dicho término es equivalente en Cuba al de albergue en el contexto internacional pues, se define como la instalación de carácter provisional atendida por el Estado, que aloja a personas que han perdido sus casas por fenómenos hidrometeorológicos, derrumbes, peligro estructural u otras causas, hasta que se consiga la solución definitiva de sus hogares. Sin embargo, en la revisión bibliográfica se constata que los tipos de instalaciones como esta no aparecen definidas ni descritas con el nombre empleado en Cuba y por tanto, se prefiere el uso del término albergue. En estos espacios debe garantizarse alojamiento y protección, la alimentación, la salud, el avituallamiento, la higiene y el saneamiento, la seguridad y la recreación y esparcimiento. Como puede imaginarse, estas instalaciones requieren de la dedicación de recursos materiales, tecnológicos y humanos capaces de brindar una estancia que nunca podrá igualarse a un hogar privado, pero con condiciones dignas y de protección a la familia damnificada y sus bienes fundamentales.

Otro término que se desea abordar de manera muy breve es el de arquitectura sustentable pues, la importancia de incrementar este tipo de instalaciones de albergue en las zonas urbanas históricas debe estar relacionada con el ahorro y eficiencia energética. Luego, la arquitectura sustentable, también denominada arquitectura verde, es un modo de concebir el diseño arquitectónico en busca de optimizar recursos naturales y sistemas de la edificación de tal modo, que minimicen el impacto ambiental del fondo construido sobre el medioambiente y sus habitantes [Blasco, 2008]. O sea, tiene el objetivo de crear edificaciones acogedoras para los residentes, con un impacto mínimo en el paisaje y/(o) se mezclen con este (Anexo 1).

2. Soluciones de albergues temporales de tipo fijo para personas afectadas por resultados de amenazas



Fig. 1. Albergue temporal de tipo fijo generado en el sector Café Madrid, 2017. Fuente: Obras-de-albergues-temporales-tienen-un-85-de-avance.jpg.

Para dar respuesta a la situación de desamparo en que se ven las personas afectadas luego de un acontecimiento catastrófico se emplean albergues temporales. En este caso, se hace énfasis en los albergues temporales fijos. Esta tipología responde a edificaciones permanentes de emergencia o edificaciones diseñadas y constituidas para tal función. Se acondicionan para resguardar la integridad física de cierta población afectada (Fig. 1). En las zonas urbanas estas construcciones para la temporalidad que demande el afectado, deben adaptarse a diversas condicionantes. Para los casos de reubicación tras el paso de un evento natural extremo, la instalación debe ofrecer protección física y buscar opciones para suministros de productos y servicios básicos a personas que en ocasiones pierden todos sus bienes.

Por tanto, para la generación de un albergue temporal tiene que realizarse una adecuada valoración de riesgos y vulnerabilidades y de amenazas naturales y antrópicas. Desde aquí parte entonces, la identificación de la población vulnerable, dentro de la cual se establecen prioridades a proteger y en función de estos núcleos familiares se debe concebir el diseño de este tipo de edificaciones.

Como se ha expuesto, para una adecuada funcionalidad de instalaciones de este tipo, hay que considerar varias facilidades o aspectos como pueden ser los que a continuación se nombran a partir de la revisión bibliográfica, las investigaciones relacionadas e informaciones proporcionadas por entidades de la Defensa Civil y la Vivienda provinciales:

- Alojamiento y protección: Con capacidad para acoger a los distintos tipos de núcleos familiares y proteger del frío, el calor, el viento y la lluvia con confort térmico.
- Alimentación: Con espacios para la cocción y preparación de los alimentos, cumpliendo los requisitos necesarios.
- Salud: El lugar tiene que contar con un espacio para atención médica básica o tratamiento que pueda resolverse en el lugar.
- Avituallamiento: En este aspecto se tiene en cuenta la distribución de vestuario, el lavado y secado de

ropa y la distribución de artículos de higiene, entre otros.

- Higiene y el saneamiento: Con espacios, equipamiento y redes que garanticen el abasto de agua y la evacuación de aguas servidas. Además de un sistema efectivo de ubicación, recolección, clasificación y eliminación de los distintos tipos de desechos.
- Recreación y esparcimiento: Es importante que en todo albergue temporal se cuente con para la recreación pasiva y activa para diferentes grupos etarios.
- Seguridad: Deben procurarse espacios y mobiliario seguros para guardar las pertenencias de las personas y ubicar personal que apoye el cumplimiento de la disciplina, la organización y el correcto funcionamiento del albergue temporal.
- Información y comunicación: Debe facilitarse la información desde los medios de comunicación masiva. También tratar de favorecer la comunicación desde diferentes vías.

El reto para diseñarlos en centros históricos es aún mayor, por lo que debe ser participativo con iniciativas locales sobre refugios y la reparación de edificaciones dañadas. Deben ser concebidos con los servicios básicos y requerimientos para cumplir esta función, pero compatibilizando con la morfología urbana y el entorno [González, 2014].

3. Principales peligros naturales y antrópicos que afectan al fondo residencial en el centro histórico de Camagüey



Fig. 2. El Área Patrimonio Mundial y sus zonas de protección. Fuente: Oficina del Plan Maestro y Gestión, ciudad de Camagüey.

El centro histórico de la ciudad de Camagüey, que constituye el contexto donde se desarrolla la investigación, abarca unas 330 hectáreas donde se ubica su núcleo más antiguo de 54 hectáreas declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco (Fig. 2). Este sitio está expuesto al azote de catástrofes naturales y tecnológicas (que incluyen las antrópicas), asociadas directamente a la vulnerabilidad física. En lo respectivo a la vivienda y a la habitabilidad en general, los principales riesgos son: los meteorológicos (que incluyen huracanes, ciclones, tormentas, inundaciones, sequías y cambios climáticos) y los antrópicos (por factores subyacentes que conllevan afectaciones por falta de mantenimiento, inadecuadas intervenciones constructivas, destrucción del patrimonio edilicio, entre otras) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Afectaciones de orígenes naturales y antrópicos que más afectan al fondo residencial en el centro histórico de Camagüey

De origen natural por:	De origen antrópico por:
<ul style="list-style-type: none"> • Inundaciones por intensas lluvias • Fuertes vientos • Intensas lluvias • Ciclones, huracanes • Tormentas locales severas • Efectos del Cambio climático 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de mantenimiento • Intervenciones inadecuadas • Degradación de condiciones de habitabilidad • Deficiencias en las redes • Tránsito vehicular inadecuado • Vandalismo sobre las estructuras en edificios abandonados • Pérdida de los elementos arquitectónicos y constructivos originales

Fuente: Elaborada por M. Sc. Kenia Suárez, 2018.

Se ha determinado que los riesgos urbanos que más pueden afectar al centro histórico son los físico-naturales como fuertes vientos e inundaciones por intensas lluvias [Citma, 2012]. Esta afirmación se actualiza y la garantiza el cálculo realizado para estos peligros según la metodología nacional establecida Agencia de Medio Ambiente [2014].

También se observa el incremento de los daños por la acción humana sobre el parque residencial, que arriesgan, además, el mantenimiento de la condición de zona declarada. La inexistencia de un plan de gestión de riesgos en la Oficina del Historiador de la ciudad de Camagüey (OHCC), obstaculiza en gran medida la percepción de los peligros del fondo residencial [Díaz, 2016], lo que evidencia también la carente integralidad y visión hacia una reducción de riesgos prospectiva del patrimonio.

4. Recomendaciones generales de diseño y construcción de albergues temporales en el centro histórico de Camagüey



Variante 1: Parcela disponible por derrumbe, demolición o en solar yermo.

Variante 2: Parcela ocupada por una edificación o parte de ella, disponible con adecuaciones constructivas.

Fig. 3: Las dos variantes de parcelas que se analizan en el centro histórico camagüeyano.

Fuente: Los autores.

Para determinar la posibilidad de generar albergues temporales en un primer momento se analizaron las parcelas propuestas por la Oficina de Orientación y Consulta para la población, la que responde a la OHCC. La observación en el trabajo de campo permite luego seleccionar los tipos de parcelas o lotes que pudieran ocuparse con estos fines. Se definen dos tipos de parcelas según las posibilidades que brinda la ciudad compacta y el uso de suelo las que son: la parcela desocupada producto de un derrumbe o demolición y la parcela ocupada por una edificación o parte de ella, que admite intervenciones para su adecuación (Fig. 3). Ambos tipos de parcelas tienen que ser de propiedad estatal.

Para el diseño y construcción de albergues temporales en el Centro histórico se hacen recomendaciones urbano-arquitectónicas, físico-ambientales, socio-económicas y técnico-constructivas, como aparece en Suárez, Rodríguez y González [2019]. Por lo que, a partir de estas, se proporciona una información que apoye la generación de estas instalaciones en el sector tradicional de la ciudad pues, hay escasos referentes bibliográficos en el contexto nacional y local. A continuación, se nombran los principales aspectos a tener en cuenta desde cada recomendación.

5. Recomendaciones urbano-arquitectónicas para el diseño y construcción de albergues

- Identificar si la parcela pertenece a la Zona Patrimonio Cultural de la Humanidad o a algunas de sus ocho zonas de protección para valorar su centralidad.
- Considerar las regulaciones urbanísticas y especiales de la parcela.
- Respetar visuales y servidumbres (pasillos, accesos u otra facilidad de uso común o público ya establecidas previamente en el entorno y la parcela).
- Procurar un diseño participativo y con criterios de sustentabilidad.

6. Recomendaciones físico-ambientales para el diseño y construcción de albergues

- Considerar la superficie disponible para desarrollar la capacidad de alojamiento, de área para equipamiento, de redes y de otros espacios.
- Considerar la orientación del lote por el asoleamiento, dirección de vientos, brisas, ruidos, principales accesos y vías entre otros.
- Buscar suficiente iluminación y ventilación, espacios bien distribuidos y señalizados, con superficie mínima adecuada, por persona.
- Garantizar servicios sanitarios colectivos o individuales con limpieza diaria y una red en buenas condiciones para la demanda y para fáciles reparaciones.
- Garantizar que la disposición físico-espacial proteja el estado físico, sexual y psicológico de las personas en condición de albergadas.
- Considerar cómo se facilitará la cocción de alimentos o el sistema para suministrarlos elaborados o semi-elaborados.
- Diseñar espacios de uso común para comedores y lavado de ropa.
- Concebir patios, áreas y facilidades para la recreación pasiva y activa.

7. Recomendaciones socio-económicas para el diseño y construcción de albergues

- Dar prioridad de diseño de alojamiento a los núcleos más vulnerables socialmente como: adultos mayores solos o con dificultades, personas con capacidades disminuidas, con bajos ingresos económicos, entre otras situaciones.
- Garantizar el conocimiento de los requerimientos de cuidados y de salud de los albergados desde su previa entrada.
- Analizar preliminarmente la ubicación del lote respecto a: escuelas, centros de salud, lugares de recreación, comercio, gastronomía y otros servicios.
- Crear closets de limpieza para que usuarios y personal de apoyo se responsabilicen con la higiene en su entorno inmediato y mediato.
- Permitir la ubicación de un personal de seguridad pendiente a la disciplina y la organización para el correcto funcionamiento del albergue.
- Facilitar la ubicación correcta de los desechos clasificando por los tipos de basura ya sea orgánica o inorgánica.

8. Recomendaciones técnico-constructivas para el diseño y construcción de albergues

- Concebir el empleo de materiales, técnicas y tecnologías constructivas compatibles con los materiales y las estructuras originales.
- Diseñar soluciones de cubiertas resistentes a eventos extremos que no afecten los techos, cubiertas y elementos estructurales de las edificaciones contiguas.

- Proponer materiales aislantes térmicos y sonoros para las divisiones de locales.
- Ubicar las redes de manera que se faciliten los trabajos de reparación y de mantenimiento.
- Evitar la concentración o afectaciones por la humedad a partir del uso adecuado de materiales y terminaciones, además de la ubicación de áreas de vegetación.
- Garantizar el abasto sustentable de agua y la reserva para casos de incendios.
- Buscar alternativas para el empleo de fuentes renovables de energía.

9. Propuestas de albergues temporales con bajo consumo energético en parcelas del área de estudio



Fig. 4: Microlocalización de solar yermo en calle General Gómez del centro histórico camagüeyano, vista del lote y propuesta de fachada principal. Fuente: Los autores.



Fig. 5: Microlocalización de lote en la calle Apodaca del centro histórico camagüeyano, vista del lote y propuesta de fachada principal. Fuente: Los autores.

Para ilustrar la propuesta de albergues temporales con bajo consumo energético que se realiza actualmente en varias parcelas del área de estudio, se muestran brevemente dos ejemplos en función de las dos variantes analizadas: la parcela desocupada producto de un derrumbe o demolición y la parcela ocupada por una edificación o parte de ella, que admite intervenciones para su adecuación.

Estos lotes se ubican respectivamente en la calle General Gómez, entre Niña y San Miguel y en la calle Apodaca No. 5, No. 7 y No. 9, entre José Martí y General Gómez (Figs. 4 y 5).

Los espacios funcionales propuestos se corresponden con los lineamientos establecidos en la región para estas instalaciones de tipo fijo, adaptadas a las condicionantes de cada lote (Anexo 2).

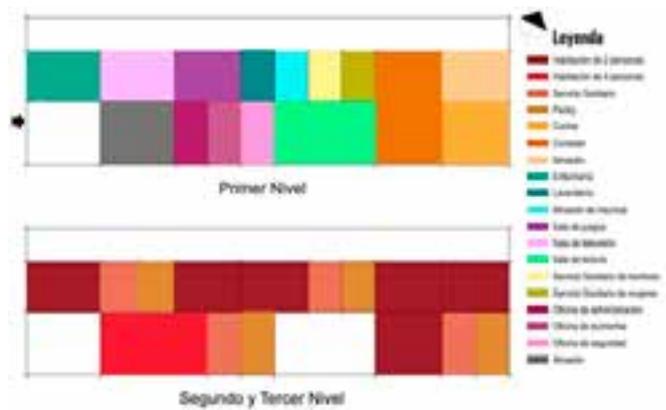


Fig. 6. Zonificación de propuesta de albergue temporal en solar yermo en calle General Gómez. Fuente: Los autores.

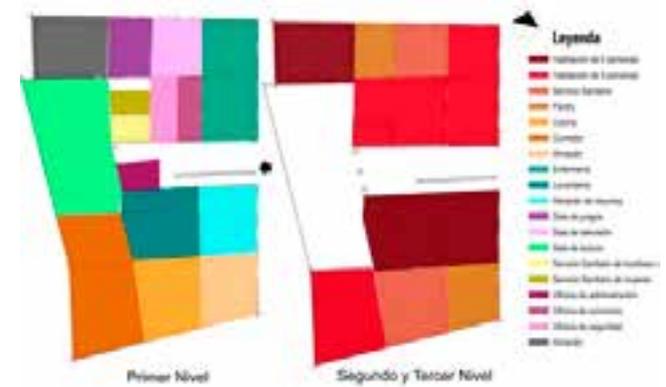


Fig. 7. Zonificación de propuesta de albergue temporal en calle Apodaca. Fuente: Los autores.

El lote sito en la calle General Gómez, el terreno tiene una configuración regular (Fig. 6). En el entorno existen edificaciones de uno y dos niveles, con puntales promedios entre los 5 y 10 m, con una variedad de estilos. El área está precedida por la Iglesia Santa Ana, edificación de importante valor en la ciudad. También hay que considerar que por esta área se realiza el acceso hacia el edificio multifamiliar que queda al fondo. Las regulaciones indican entre otros aspectos, que la inserción de una edificación allí puede llegar hasta tres niveles en el frente del lote, pero en la fachada principal sólo se exteriorizarán dos (a escala urbana). Se proyectaría con criterios de diseño moderno, pero ajustándose a las características del entorno.

Por su parte, el lote sito en calle Apodaca, antiguos Nos. 5, 7, y 9 pertenece a un espacio desahitado por su deterioro, que es de tenencia estatal y que a pesar del paso del tiempo y del embate de eventos naturales extremos, muestra interesantes elementos figurativos como: guardavecinos, rejas torneadas, molduras y platabandas entre otros. Por tanto, las regulaciones para la fachada establecen: reponer guardavecinos que faltan, reparación de la herrería del balcón, respetar los valores formales y proporciones en la inserción de un nuevo nivel. Esta parcela desde hace varios años ha sido propuesta por la Dirección del plan Maestro de la Oficina del Historiador, como albergue ante desastres luego, la propuesta es respetuosa con lo establecido (Fig. 7).

Con énfasis en el aspecto físico-ambiental se expone que, el diseño de estos albergues considera las condiciones climáticas y los ecosistemas del entorno, para obtener el máximo rendimiento con el menor impacto. Además, en los interiores principalmente, se concebirá el uso de materiales de construcción, donde primen los de bajo contenido energético, lo que sería apoyado por el empleo de fuentes de energía renovables para la iluminación, la cocción y el calentamiento del agua entre otros. Cuando se estime el consumo diario por cada lote, el empleo de los paneles solares garantizaría la desconexión de las respectivas edificaciones de la Red eléctrica nacional ante impactos de eventos extremos. Otra ventaja del uso de esta fuente renovable sería, que, en el período de inactividad de los albergues temporales, se inyectará la electricidad que se genere, al Sistema nacional, lo que puede reducir los costes de inversión inicial. Igualmente, el tratamiento de las aguas de lluvia y de la suministrada por acueducto, contaría con un sistema de filtros, donde se considerará la variante más rentable para los respectivos proyectos arquitectónicos.

Conclusiones

La sustentabilidad de las zonas urbanas históricas depende en gran medida, de la adecuada gestión de riesgos que en ellas se realice. En este caso, la generación de albergues temporales o viviendas de tránsito como se les denomina en Cuba, constituyen una alternativa viable que debe responder, además, a los requerimientos de arquitectura sustentable, de eficiencia energética y de ahorro de agua y otros recursos, en consideración a las condiciones actuales del país. Es por ello, que el presente trabajo ofrece pautas de diseño de estas instalaciones con un enfoque en el bajo consumo energético, en parcelas del centro histórico de la ciudad de Camagüey para enfrentar los efectos de eventos naturales extremos e intervenciones progresivas sobre el fondo residencial vulnerable por afectaciones naturales y antrópicas. Se considera que los resultados obtenidos pueden contribuir a mejorar la gestión de riesgo del patrimonio a escala local principalmente, al adecuado confort físico y psicológico de damnificados o afectados por el deterioro del fondo residencial en estas zonas.

Recomendaciones

Se recomienda por parte de los autores, el incremento de la colaboración entre las instituciones y actores involucrados en la gestión de riesgo del patrimonio, para perfeccionar los trabajos enfocados en la atención a emergencias e intervenciones, de una manera sustentable, en el fondo residencial de zonas urbanas históricas del país.

Bibliografía

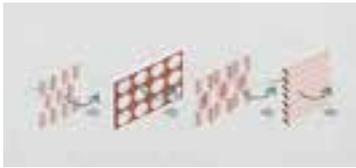
- AGENCIA DE MEDIO AMBIENTE (2014). Metodologías para la determinación de riesgos de desastres a nivel territorial. La Habana, Cuba: CITMA.
- BLASCO, I. (2008). Aportes de la arquitectura sustentable en el sector residencial sobre el balance energético-ambiental argentino. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12, 7-24.
- CENTRO REGIONAL DE REFERENCIA EN EDUCACIÓN COMUNITARIA (2014, Abril). Manejo de albergues temporales (Informe de cumplimiento) Costa Rica: Autor.
- CITMA. (2012). Informe de Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgos de inundaciones por intensas lluvias y de afectaciones por fuertes vientos (Informe No 2 Delegación Provincial). Camagüey: Autor.
- DÍAZ, Y. (2016). Perspectiva y desarrollo del Plan Parcial y de Manejo del centro histórico de Camagüey. (Informes del Plan Maestro OHCC). Camagüey, Cuba.
- GONZÁLEZ, D. (2014). Para ventilar viviendas en centros urbanos compactos. *Energía y Tú*, (66), 7 – 11.
- ONU-HÁBITAT. (2014, Marzo). Versión ejecutiva del perfil de la vivienda de Cuba (Informe ONU-Hábitat Cuba). La Habana: ONU-Hábitat.
- RODRÍGUEZ, MAZORRA, GÓMEZ, FERNÁNDEZ Y PASCUAL (2012). Regulaciones urbanísticas Ciudad de Camagüey. Centro Histórico. Camagüey, Cuba: El Lugareño.
- SUÁREZ, K, RODRÍGUEZ, E. Y GONZÁLEZ, R. (2019). Necesidad de albergues temporales ante afectaciones al fondo residencial en el centro histórico de Camagüey. *Opuntia Brava*, IX, 46-54.
- SUÁREZ, K. (2017). Ficha de inspección rápida de daños por peligros antrópicos del fondo residencial de zonas patrimoniales. Camagüey: Universidad de Camagüey.
- SUÁREZ, K. Y. PÉREZ, A. (2017). Identificación de peligros antrópicos y socionaturales de la Zona de Protección 1 del centro histórico de Camagüey. Camagüey: Universidad de Camagüey.
- UNESCO (2014, Octubre). Manual de referencia. Gestión del riesgo de desastres para el patrimonio mundial (2ª. Ed.): París: Autor.

ANEXOS

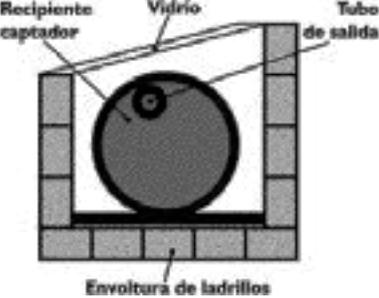
Anexo 1

Principios de la arquitectura sustentable que pueden emplearse en el diseño y la construcción de albergues temporales en zonas urbanas históricas.

Fuente: Revisión bibliográfica y adaptación realizada por los autores.

Principios	Variantes o formas de empleo	Imagen de ejemplo	Recomendaciones para el área de estudio
Materiales de construcción	Ladrillos y tejas elaborados a partir de residuos de diversas actividades industriales y constructivas		<p>Materiales y técnicas compatibles con la edificación antigua.</p> <p>Empleo de técnicas, tecnologías y materiales en función de condicionantes como: área disponible para almacenaje, operación de equipos, no interrupción de la movilidad urbana, especialización de la mano de obra entre otras.</p> <p>En interiores, resulta ventajoso el empleo de las alternativas de materiales para terminaciones y cierres de espacios que garanticen adecuada acústica, confort térmico y que contribuyan con la ambientación en estos lugares de alojamiento que tanto lo necesitan para el confort psicológico</p>
	La fibra de coco que es naturalmente inodora, tiene buenas propiedades térmicas y acústicas, excelente aislamiento y es de las pocas fibras naturales que es altamente resistente a la putrefacción		
Calidad de interiores para reducir el impacto ambiental	Paneles de materiales y fibras que pueden reemplazar a otros más costosos para lograr efectos estético expresivos		<p>Procurar el aislamiento acústico por la cantidad de personas que deben ocupar los locales y por la forma de asociación de los lotes en esta zona: por pasillos y medianerías principalmente.</p> <p>Uso de materiales que aminoren o eviten los efectos de las humedades tan generalizados en las antiguas viviendas a causa de las instalaciones hidro-sanitarias.</p> <p>Buscar la ventilación e iluminación naturales en correspondencia con lo permitido por las regulaciones generales y específicas de los lotes.</p> <p>Reinterpretar y emplear los recursos y elementos vernáculos y tradicionales como: la arcilla, altos puntales, amplios vanos</p>
	Materiales reciclados en paneles y divisiones aislantes de sonidos, regular la temperatura, evitar el desarrollo de hongos, entre otros		
	Ventilación e iluminación naturales y control de emisiones		
Confort higrotérmico	La ventilación cruzada natural lograda con aberturas en paredes opuestas o adyacentes, lo que permite la entrada y salida de aire		<p>El diseño y tratamiento de vanos para edificios en zonas climáticas con temperaturas más altas, debe garantizar los cambios constantes de aire dentro del edificio reduciendo considerablemente la temperatura interna</p> <p>En las zonas compactas las alternativas de ventilación natural pudieran procurar la colocación de aberturas cerca del suelo para que el aire frío entre en el espacio empuje la masa de aire caliente hacia arriba, donde las salidas de aire se colocan en el techo, como los galpones y el claristorio</p>
	La ventilación natural inducida. El aire caliente es más ligero que el aire frío, en este caso, en un entorno externo o interno, el aire caliente sube y el aire frío baja		

Propuestas de albergues temporales con bajo consumo energético en parcelas del centro histórico de Camagüey

Ahorro de agua	Aprovechamiento de las aguas pluviales		Es imprescindible, para recolectar de manera eficaz el agua de lluvia, que la cubierta cuente con una red de recogida de agua. En este caso, se proponen cubiertas planas con cierta inclinación que deben contar con una red de canalones y bajantes para la recogida del agua de lluvia
	Reutilización de aguas tratadas		En instalaciones colectivas ubicadas en zonas compactas la regeneración de aguas grises (procedentes del lavabo y la ducha, por ejemplo) resulta de gran provecho. Estas no son tan contaminadas y, por lo tanto, requieren un tratamiento más sencillo. Se usarían para la recarga de las cisternas lo que ahorraría 30 % del consumo interior de la casa y pues podrían usarse también para el riego de las plantas
Pensar en fuentes de energía renovables	Paneles fotovoltaicos		Es necesaria esta tecnología generalizada de paneles fotovoltaicos. Las células solares se montan en serie sobre paneles o módulos solares para conseguir un voltaje adecuado a las aplicaciones eléctricas
	Calentadores solares acumuladores		Se hace necesario crear calentadores solares acumuladores o compactos, que tienen un tanque acumulador que recibe directamente la radiación solar. Son muy sencillos de fabricar, generalmente eficientes y de bajo costo. Para su confección se han utilizado dos vidrios separados entre sí unos 20 mm, de esta manera, se consigue mejor aislamiento de la cubierta y se conserva el agua caliente
Pensar en el sitio y fuentes de energía renovables	Empleo de muros verdes		Las fachadas ajardinadas pueden proponerse como elementos verdes alternativos, al aprovechar las capas "sin usar" de los edificios en las zonas de mayor densidad urbana. Estas fachadas contribuyen a la mejora de la calidad del aire y las condiciones acústicas, además de proteger de las fluctuaciones térmicas y las condiciones meteorológicas extremas
	Empleo cubiertas verdes o ajardinadas		La ubicación de la vegetación en los tejados, ampliaría la eficiencia de los paneles fotovoltaicos al reducir la temperatura ambiente. Esta práctica igualmente contribuiría al confort higrotérmico

Anexo 2

Programa arquitectónico de los albergues temporales propuestos en los lotes en General Gómez, entre Niña y San Miguel y Apodaca #5, #7 y #9 entre José Martí y Gral. Gómez. Fuente: Elaborada por los autores.

Espacio funcional	No. local	Local	Área	Mobiliario	Equipamiento	
Alojamiento y protección	1	Habitación de 2 personas	18 m ²	1 cama doble 2 mesas de noche 1 mesa 2 sillas 1 closet		
	2	Habitación de 4 personas	32 m ²	2 camas dobles 4 mesas de noche 1 closet 1 mesa 4 sillas		
	3	Servicio Sanitario	6 m ²	1 papelera 1 espejo 1 toallero	1 inodoro 1 lavamanos 1 ducha	
	4	Pantry	6 m ²		1 fregadero 2 estufas	
Alimenta-ción	5	Cocina	Preelabo-ración	6 m ²	3 mesas	2 pocetas
			Cocción	12 m ²	1 mesas 1 mesa condimento	1 estufa 1 horno 1 freidora 1 plancha
			Elaboración final	4 m ²	1 mesa	
			Fregado	4 m ²	1 mesa	2 pocetas
	6	Comedor	40 m ²	10 mesas de 4 sillas		
	7	Almacén	Cámara fría	2 m ²	2 estantes	
			Congelación	2 m ²	1 estante	1 congelador
			Despensa	6 m ²	3 estantes	
Utensilios			2 m ²	1 estante		
Salud	8	Enfermería	34 m ²	1 buró 3 sillas 1 camilla 1 mesa metálica 1 escalinata metálica 1 taburete 1 carro metálico 1 vitrina para material estéril	1 lámpara de pie 1 lavamanos 1 toallero 1 tensiómetro 1 negatoscopio 1 balanza con tallímetro 1 paraban 1 papelera 2 mesetas con cajones y puertas para empotrar lavaderos 2 cubos metálicos para desperdicios 1 desfibrilador	

Propuestas de albergues temporales con bajo consumo energético en parcelas del centro histórico de Camagüey

Abitualla-miento	9	Lavande-ría	Lavado	6 m ²		2 lavadoras 1 vertedero 1 fregadero
			Secado	4 m ²		2 secadoras
			Planchado	6 m ²	2 tablas de Planchar 1 deposito	2 planchas
			Doblado y almacena-miento	4 m ²	2 depósitos 4 estantes	
			Costura	6 m ²	2 mesas 2 sillas 2 estantes	2 máquinas de coser
	10	Almacén de insumos		12 m ²	10 estantes	
Recreación y esparci-miento	11	Sala de juegos		15 m ²	12 sillas 3 mesas 2 estantes	
	12	Sala de televisión		30 m ²	30 sillas	1 televisor 2 ventiladores de pared
	13	Sala de lectura			Coincide con el patio interior	
	14	Servicio Sanitario de hombres		8 m ²	3 papeleras	3 inodoros 2 lavamanos
	15	Servicio Sanitario de mujeres		8 m ²	3 papeleras	3 inodoros 2 lavamanos
Seguridad	16	Oficina de administración		9 m ²	1 escritorio 3 sillas	
	17	Oficina de economía		6 m ²	1 escritorio 1 silla	
	18	Oficina de seguridad		6 m ²	1 escritorio 1 silla	
	19	Almacén		30 m ²	10 estantes	

CONFERENCIA ENERGÍA, INNOVACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO: ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MÉTRICO EN LAS EDICIONES 2016 Y 2018

Por Lic. Miriam J. Amado Picasso* y M. Sc. Anaely Saunders**

*Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía), La Habana, Cuba.

E-mail: miriam@cubaenergia.cu

**Facultad Eléctrica, Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), La Habana, Cuba.

E-mail: asaunders@electronica.cujae.edu.cu

Resumen

En este trabajo se aplica un conjunto de indicadores bibliométricos al estudio de la «Conferencia de Energía, Innovación y Cambio Climático» en sus ediciones de 2016 y 2018. En la investigación se analizan, procesan y visualizan los resultados con la utilización de programas como EndNote, Excel, Ucinet, Netdraw VOSviewer.

Palabras clave: Estudios métricos; indicadores bibliométricos; fuentes renovables energía.

CONFERENCE ENERGY, INNOVATION AND CLIMATE CHANGE: ANALYSIS OF METRIC BEHAVIOR IN THE 2016 AND 2018 EDITIONS

Abstract

In this work, a set of bibliometric indicators are applied to the study of the «Conference on Energy, Innovation and Climate Change» in its editions of the years 2016 and 2018. In the research, the results are analyzed, processed and visualized with the use of programs like EndNote, Excel, Ucinet, Netdraw VOSviewer.

Keywords: Metric studies; bibliometric indicators; renewable energy sources; Energy, Innovation and Climate Change Conference.

Introducción

El desarrollo de la ciencia contemporánea se ha caracterizado por la introducción de métodos y modelos matemáticos en las diversas esferas del conocimiento, incluyendo las ciencias sociales. Como resultado del fenómeno de matematización del conocimiento científico surgen los Estudios Métricos de la Información (EMI), para la implementación de modelos y herramientas matemáticas y estadísticas a las investigaciones de la ciencia.

Los EMI agrupa a las especialidades métricas como la bibliometría, informetría, cienciometría y en la actualidad la webmetría o cibermetría, ALMETRÍA, entre otras.

Este enfoque bibliométrico proporciona, a partir de la aplicación de indicadores, una visión integradora de las transformaciones en la producción y comunicación del con-

ocimiento mediante la identificación, descripción, análisis e interpretación de las tendencias investigativas y la estructura intelectual de los diferentes espacios científicos para, entre otros elementos, tomar decisiones y definir políticas científicas e investigativas [Martínez Prince, 2018].

A partir de documentos publicados (artículos, libros y patentes, entre otros) e indexados en bases de datos, se realizan estudios bibliométricos y cienciométricos los cuales pueden ser aplicados a una diversidad de áreas del conocimiento [Caballero Rivero, 2018].

La aplicación de estos estudios a los congresos y eventos de carácter nacional e internacional como espacio abierto para la innovación y la gestión del conocimiento, permite distinguir el desarrollo de la ciencia, determinar el desarrollo de las temáticas en su alcance geográfico,

financiero, institucional y social. Además, los congresos brindan prestigio y relevancia a las ponencias para su trascendencia [Chapman, *et al.*, 2014].

Sobre la «Conferencia de Energía, Innovación y Cambio Climático», realizada en el marco de la *Convención Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación* organizada por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (Citma) y la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada (Aenta) se han realizado dos ediciones, y entre sus objetivos se encuentran intercambiar y debatir integralmente experiencias y resultados en el aprovechamiento de las tecnologías que utilizan fuentes renovables de energía, la eficiencia y el uso racional de la energía, la gestión de la energía, la mitigación y la adaptación al cambio climático, la contaminación atmosférica y la protección de la capa de ozono desde la práctica del sector empresarial, académico y de políticas públicas, poniendo de relieve el rol de la ciencia, la tecnología, su transferencia y la innovación tecnológica en estos procesos, con la participación de expertos de reconocido prestigio nacional e internacional.

Materiales y métodos

En la investigación se recopiló un total de 100 trabajos presentados en las ediciones de 2016 y 2018, los que registraron, procesaron y almacenaron los datos en el EndNote X7. Las tablas y gráficos se elaboraron en Microsoft Excel 2010. Bibexcel (Olle Persson, versión 2006), Ucinet (versión 6.629), Netdraw (versión 2.160) y VOSviewer (versión 1.6.6) para la generación de matrices, análisis de redes de colaboración y de co-ocurrencia de palabras clave que facilitan la visualización de los resultados.

Análisis de los resultados

Indicador: productividad de autores

Se recopiló un total de 199 autores; el autor que más contribuyó en estas dos ediciones fue Miguel Castro Fernández, con cuatro trabajos, siete autores en tres trabajos, 25 en dos trabajos y 166 en solamente uno (Fig. 1).

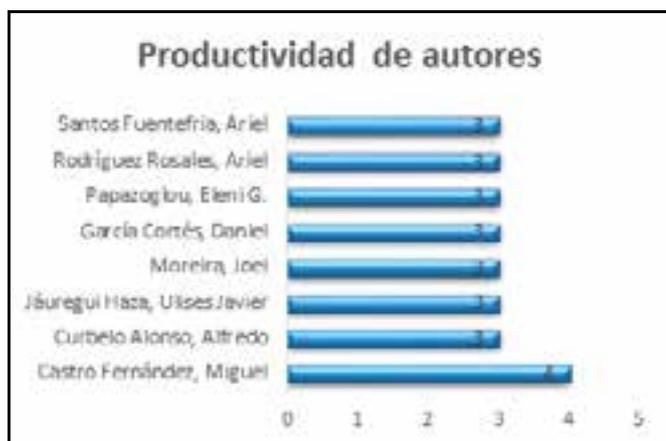


Fig. 1. Productividad de autores.

Indicador: Productividad por institución

De los 100 trabajos analizados se recopiló un total de 89 instituciones participantes. De estas, la Universidad

Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae) participó dieciséis veces, siendo la más productiva; a esta le siguen el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía) y la Universidad de La Habana, con un total de nueve veces. Otras dos instituciones participaron tres veces; 18 lo hicieron dos veces, y las 66 restantes una (figura 2).



Fig. 2. Productividad por institución.

Indicador: Productividad por años

El análisis de los datos recogidos muestra que la cantidad de trabajos presentados en ambas ediciones fue de 100, donde se destaca la edición de 2018 con 59 trabajos y el 2016 con 41 trabajos, reflejando el interés de los investigadores por presentar trabajos en la «Conferencia de Energía, Innovación y Cambio Climático», por la calidad, el interés y rigurosidad de los temas tratados (Fig. 3).



Fig. 3. Productividad por años.

Indicador: Producción por palabras claves

De los 100 trabajos se procesaron un total de 277 términos como palabras claves. Todos los trabajos tenían identificadas sus palabras claves. Los términos se registraron en una hoja de cálculo Excel, donde se les hizo el conteo. El término que más se repite es *Cuba*, diez veces, y *energía* y *biomasa*, ocho veces. Una palabra se repite siete veces, 8

se repiten cinco veces, 5 palabras cuatro, 9 tres veces, 20 dos veces y 231 una vez (Fig. 4).



Fig. 4. Producción por palabras claves.

Co-ocurrencia de Palabras Clave

Las palabras clave de los artículos publicados en las conferencias fueron contabilizadas por su frecuencia de aparición con el uso del software Bibexcel. El total de términos obtenidos es de 277 con un predominio de palabras con una sola vista (227 términos que representan 82 % de la muestra). El análisis fue realizado con las palabras que presentan una frecuencia mayor o igual a 3, para una mejor visualización de los resultados. Bajo el umbral establecido se determinaron 26 términos que representan 9,4 % del total. Las visualizaciones de la red se realizaron en el software VOSviewer, seleccionando la visualización denominada *Density View*. La figura 5 presenta las palabras clave con mayor número de repeticiones, posicionadas en la red en función de su frecuencia de aparición conjunta. La disposición en cada uno de los colores (rojo, amarillo y verde) indica la solidez o emergencia de los términos analizados. Los posicionados en el color rojo o zona caliente, como también suele llamarse, constituyen los tópicos más consolidados en el campo objeto de estudio, y los más cercanos al tono amarillo indican la emergencia en esta área de conocimiento.

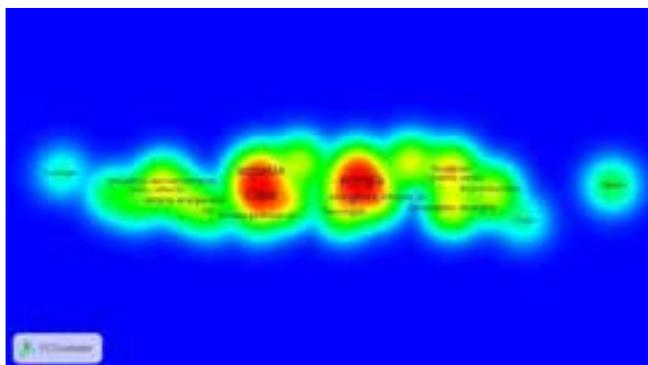


Fig. 5. Co-ocurrencia de palabras clave: density view.

El término *Cuba* ubicado en el centro del mapa, es el tópico más consolidado en este campo, puesto que constituye el eje central de todas las investigaciones que se encuentran en la muestra, aunque no sea mencionado

directamente en la totalidad de los trabajos. Se ubica en la zona roja. La mayoría de las conferencias reflejan proyectos cubanos para el aprovechamiento, uso y purificación de recursos naturales y minerales en los campos de la energía eléctrica, la agricultura, la industria alimenticia, y la educación.

Energía es otro de los tópicos más consolidados. Se ubica en la zona roja. En las conferencias relacionadas con este término se investiga sobre la utilización de recursos naturales y biológicos en las esferas de Bio-Industria, Agro-industrial, y Educación; no solo en el ámbito nacional sino también en el internacional.

Biomasa es otro tópico fundamental. Se ubica en la zona roja. Las conferencias relacionadas con esta temática expresan la finalidad de utilizar esta materia orgánica compuesta por residuos animales y vegetales. La Biomasa ha sido utilizada como combustión, en la producción de energía eléctrica, y la industria alimenticia, tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Por ejemplo, las bioeléctricas: bagazo, RAC, caña alta fibra, marabú y otras biomasas.

A partir de las palabras clave que poseen los artículos, se establece una relación entre este resultado y las temáticas más abordadas, con el objetivo de ratificar ambos resultados y con ello la obtención de un análisis más profundo a partir del abordaje de los clúster, que a su vez, conforma.



Fig. 6. Co-ocurrencia de palabras clave: clúster density view.

La figura 6 muestra la unificación de las palabras por clúster que los agrupa por varios colores. El clúster azul se identifica por reunir los términos relacionados con los recursos naturales y energéticos, que se encuentran ubicados en la parte superior del mapa. En el clúster rojo se observan los tópicos relacionados con el aprovechamiento de dichos recursos, fundamentalmente en Cuba. En el clúster amarillo se observan las temáticas relacionadas con la eficiencia energética a partir de materiales biodegradables; aquí se encuentran los términos de gasificación de biomasa, tecnologías, energía renovable y biogás. En el clúster morado se observan los términos de bioenergía, contaminación y aprovechamiento energético. El clúster verde se

distingue de los anteriores porque en su conjunto reúne pocas temáticas, tal es el caso de los términos de energía y cambio climático. Al igual sucede en el clúster azul claro, donde solo se observan los términos de biocombustible y México.

Grado de colaboración

En la presente investigación este indicador tiene un valor de 0,57, lo que ratifica el predominio de la autoría múltiple en la producción científica de la Conferencia Energía, Innovación y Cambio Climático, y corrobora la existencia de un nivel alto de colaboración entre los investigadores que conforman la muestra objeto de estudio.

Colaboración entre países

En la figura 7 se aprecia de manera general una red poco densa. El grosor de las líneas se corresponde con la intensidad de las relaciones; comportamiento que está dado por el total de investigaciones en colaboración. El tamaño y el color de los nodos aluden a la centralidad de grado dentro de la red.

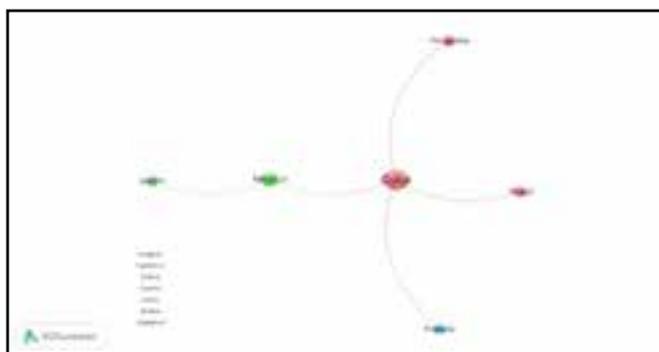


Fig. 7. Red de colaboración entre países.

La posición central de la red, representado por el color rojo la ocupa Cuba como el país más colaborativo y por ende el que presenta mayor grado nodal (4) e intermediación (9.000). Los países con los que establece relaciones más intensas son México (11 trabajos), Brasil (dos trabajos), Finlandia (tres trabajos), así como Francia, cuya colaboración fue dada una sola vez.

La relación de Cuba con Francia está dada fundamentalmente por el trabajo presentado en 2018 por Diana Rosa Alcorta Cuello, Katia González Labrada, Marie Helene Manero y Ulises Javier Jáuregui Haza, donde se aborda el empleo de la radiación solar en la degradación del antibiótico ciprofloxacina en aguas residuales.

Los vínculos con Brasil se dan en 2018 con la propuesta integral para el tratamiento de vinaza con recuperación de energía y obtención de un biofertilizante, por parte de la Universidade de São Paulo, aunque tuvo participación también en 2016. La colaboración con Finlandia se da en 2016 con el tema de los retos con la enseñanza sobre sistemas de conversión de energía con fuentes renovables para automáticos por parte de la Universidad de Turku, la Universidad de Tecnología de Tampere y la Universidad de Oriente.

México es el segundo país más colaborador con un grado nodal (dos) e intermediación (4.000). Establece

relaciones con Cuba y Japón (un trabajo). El autor mexicano, Rafael Jordán Hernández de la Universidad Estatal de Sonora, colaboró con la autora cubana Edilia Cabrera Galdo de la Facultad de Ingeniería Química, de la Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, Cujae. Estos presentan el mismo tema de investigación relacionado con el reúso de un residual peligroso procedente de una central geotérmica del norte de México. Las instituciones mexicanas EARTHNOTE y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) colaboraron en una misma investigación junto a la empresa EARTHNOTE de Japón, donde presentan el SISTEMA SORGO EARTHNOTE como estrategia integral para la producción sostenible de biocombustibles y otros insumos para la industria agroalimentaria con enfoque de mejoramiento de recursos naturales y contribución a reducir la emisión de contaminantes.

Como es perceptible, la colaboración en la Conferencia de Energía, Innovación y Cambio Climático se encuentra representada en diferentes latitudes, tanto en el continente euroasiático como en el americano. Estos espacios favorecen el intercambio cultural y la inserción de publicaciones a la producción científica del campo objeto de estudio donde se aborden los temas afines desde otras experiencias.

Colaboración entre instituciones

La red de colaboración institucional mostrada en la figura 8 se presenta como poco densa ($D= 0,0082$). Se aplicaron las medidas de centralidad que son básicas en el análisis de redes sociales grado nodal (*degree*), e intermediación (*betweenness*) para ofrecer información precisa en el presente análisis. De igual modo, el grosor de las líneas responde a la intensidad y fortaleza entre los nexos colaborativos.

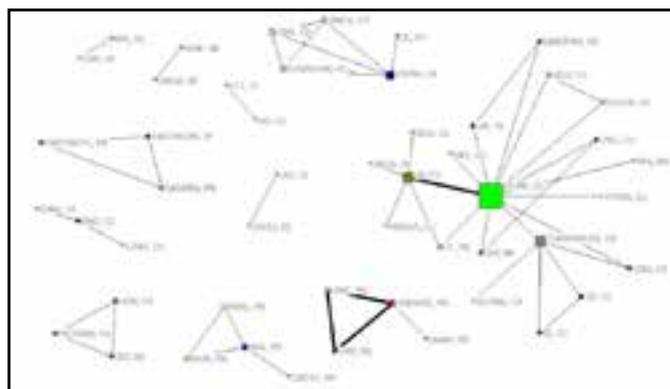


Fig. 8. Colaboración entre instituciones.

Como es posible observar, la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), la Universidad de La Habana (UH) y El Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía), son las instituciones que presentan mayor número de cliques (ocho, cuatro y tres, respectivamente) dentro del clúster analizado. Como se puede observar, estas instituciones son universidades la mayoría, lo que demuestra la inclinación de estos centros de estudios al intercambio y la contribución, no solo en entornos nacionales sino que abarca

espacios internacionales. Estas instituciones, que son las más representativas, pertenecen a Cuba.

Colaboración autorial (co-autoría)

El análisis de la colaboración entre los autores de un campo de conocimiento determinado permite esclarecer sus tendencias investigativas y con ello las afiliaciones que existen entre los mismos.

Para el presente análisis se identificaron 196 autores. Debido a que es una cifra elevada, se toma el umbral de mayor o igual a dos trabajos para mostrar la red (Fig. 9). Se aplicaron las medidas de centralidad correspondientes al análisis de redes (grado nodal e intermediación).

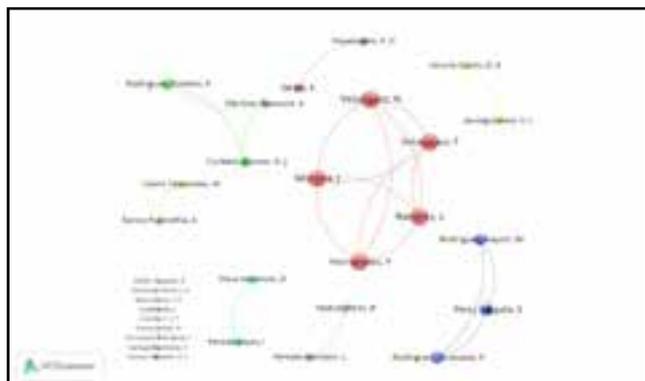


Fig. 9. Red de colaboración autorial.

Se identifican 17 clúster representados con diferentes colores para una mayor visualización de las relaciones. Los autores Joel Moreira, Lorena Ramírez, Nicolás Velázquez, Yanhsy Hernández y Fidel Velázquez son los que representan el mayor grado nodal (cuatro) de la red.

El clúster rojo está formado por cinco autores: Joel Moreira- Lorena Ramírez- Nicolás Velázquez- Yanhsy Hernández- Fidel Velázquez. Las relaciones que se establecen en este grupo son recíprocas. Los temas abordados por estos autores, en 2018 fueron acerca de la generación de residuos sólidos orgánicos en supermercados para su aprovechamiento energético en la generación de metano.

El clúster azul oscuro está formado por tres autores: Maricela Rodríguez Alayón- Esperanza Pérez Águila- Angel Rodríguez Quesada. Estos en su conjunto abordan en sus publicaciones como temática principal la evaluación de la calidad de las lluvias en la refinería y la confinación de sustancias peligrosas en sub estaciones eléctricas de la refinería. Las ponencias de estos autores fueron expuestas en 2018 y todos laboran en la Refinería Cienfuegos S.A.

El clúster verde oscuro está representado por Alina Martínez Plasencia- Alfredo Curbelo Alonso- Ariel Rodríguez Rosales. Los tres autores abordan en conjunto, en el 2016 el tema sobre la metodología para el impacto de proyectos de energías en áreas rurales para reducir brechas de género. Otras relaciones que se establecen entre Alfredo J. Curbelo Alonso y Ariel Rodríguez Rosales, con un estudio acerca de la tecnología de gasificación de biomasa y su introducción en Cuba. Por otra parte, Alina Martínez Plasencia y Alfredo Curbelo Alonso presentaron una ponencia sobre la problemática de género, energía y sostenibilidad alimentaria.

El clúster morado está integrado por Rolando Padrón Pérez-Lizeyda Paredes Morejón, los cuales presentaron sus trabajos acerca de la biomasa de marabú como combustible para la generación de electricidad y producción de azúcar refinado en la UEB Central Azucarero Ignacio Agramonte en Camagüey, y sobre las plantaciones forestales para su uso como combustible en las bioeléctricas proyectadas para Cuba.

El clúster azul claro está integrado por Ileana Pereda Reyes-Deny Oliva Merencio. Estos abordan las temáticas sobre la estimulación del tratamiento de residuales agroindustriales cubanos para la obtención de biogás y elaboran una propuesta integral para el tratamiento de vinaza con recuperación de energía y obtención de un biofertilizante.

El clúster verde claro lo componen: Miguel Castro Fernández-Ariel Santos Fuentesfría, los que presentan en sus ponencias tópicos acerca de los modelos para la predicción del tiempo de vida de los LEDs empleados en iluminación, y también, la integración de las fuentes renovables de energía en los sistemas eléctricos de potencia.

El clúster rosado está conformado por los autores griegos Eleni G. Papazoglou- Konstantinos Serelis. Sus temáticas están relacionadas con la evaluación del cultivo de energía *Jatropha Curcas* como un término medio para promocionar energía renovable y sostenible para la región mediterránea y para la restauración de sitios contaminados.

El clúster amarillo está formado por los autores Diana Rosa Alcorta Cuello- Ulises Javier Jáuregui Haza, los cuales exponen el empleo de la radiación solar en la degradación del antibiótico ciprofloxacina en aguas residuales y el tratamiento por fotocatalisis de aguas contaminadas para su uso en la agricultura.

Los análisis antes expuestos demuestran que el clúster que tiene mayor colaboración está integrado por autores que laboran en instituciones mexicanas y los temas centrales de todos los autores se enfocan en el aprovechamiento de las tecnologías que utilizan fuentes renovables de energía, la eficiencia y el uso racional de la energía, la gestión de la energía, la mitigación y la adaptación al cambio climático, la contaminación atmosférica y la protección de la capa de ozono, desde la práctica del sector empresarial, académico y de políticas públicas.

Conclusiones

Los análisis e interpretaciones obtenidos a partir de la aplicación de métodos y técnicas métricas a la producción científica del campo objeto de estudio, constituida por las ponencias de la «Conferencia Internacional Energía, Innovación y Cambio Climático» en las ediciones 2016 y 2018 permiten caracterizar este espacio de conocimiento a través de los siguientes elementos:

- Un total de 100 trabajos se compilaron en el marco de la «Conferencia Internacional Energía, Innovación y Cambio climático».
- Se recopiló un total de 199 autores, de los cuales Miguel Castro Fernández tuvo un total de cuatro trabajos presentados siendo el mayor expositor.

- Se pudo observar que en la edición de 2018 se produjo un aumento de 18 trabajos más que los presentados en 2016.
- Se identificaron un total de 277 palabras claves de las cuales los términos más utilizados fueron Cuba, energía y biomasa.
- El Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), el Centro de Gestión de la Información y Desarrollo de la Energía (Cubaenergía) y la Universidad de La Habana se destacaron en ese orden en la participación con trabajos con, 16 y 9 trabajos respectivamente.
- El estudio de la Conferencia Energía, Innovación y Cambio Climático a partir de indicadores permitió determinar los comportamientos en cuanto a la colaboración de los autores e instituciones. Se identificaron 17 clúster, representando por diferentes colores la visualización de las relaciones.

Referencias bibliográficas

CABALLERO RIVERO A (2018). «Estudios métricos en ciencia, tecnología e innovación: un llamado a ampliar sus aplicaciones, bases epistemológicas y rigor analítico», en *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Información* 29(1), 2018. Disponible en: <http://www.acimed.sld.cu/index.php/acimed/article/view/1219/732> [consulta: 15/05/2020]

CHAPMAN Y.; Z. DELGADO, L. ORTEGA AND Y. PIEDRA (2014). «Comportamiento de la producción científica del Congreso Internacional INFO 2014». Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Yarenia_Chapman [consulta: 15/01/2020].

MARTÍNEZ PRINCE, R. (2018). «La bibliometría como herramienta para el análisis de dominio en Comunicación Social. Comportamiento de la producción científica cubana (1960-2016): propuesta de investigación», en *Revista Publicando* 5 No 14 . No. 1. 2018, 173-193. Disponible en: <https://revis-tapublicando.org/revista/index.php/crv/article/view/1054> [consulta: 15/05/2020]

MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, A. (2004). «Selección de lecturas de Estudios métricos de la Información». La Habana.

PIEDRA Y. & A. MARTÍNEZ (2007). «Producción científica», en *Ciencias de la Información* 3(38): 33-38, 2007. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1814/181414861004.pdf> [consulta: 15/01/2020].

SPINAK, E. (1996). «Diccionario enciclopédico de Bibliometría, Cenciometría e Infrometría». Caracas: Unesco.

Recibido: 1ro de agosto 2020.

Aceptado: 20 de agosto de 2020.

AVANCES Y ESTADO ACTUAL DEL BIOGÁS EN CIENFUEGOS

Por **M. Sc. Omar Gutiérrez Benítez***, **M. Sc. Inocente Costa Pérez****, **M. Sc. Cira Águila Cabrera*****, **Evelio Ángel Álvarez López******, **Ernesto Pentón Martínez*******, **M. Sc. Disney Pérez Rodríguez*******

*Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos. Delegación de Cubasolar en Cienfuegos, Cuba.

E-mail: omar@gestion.ceac.cu

** Dirección Provincial de Economía y Planificación, Cienfuegos. Delegación de Cubasolar en Cienfuegos, Cuba. E-mail: inocente@depcfg.co.cu*** Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios de Cienfuegos.

Delegación de Cubasolar en Cienfuegos, Cuba.

E-mail: civil5@enpa.cfg.minag.cu

****Delegación Territorial del CITMA Cienfuegos. Delegación de Cubasolar en Cienfuegos, Cuba.

E-mail: j.uogi@citmacfg.gob.cu

*****Movimiento de Usuarios de Biogás en Cienfuegos. Delegación de Cubasolar en Cienfuegos, Cuba.

E-mail: isabelcml@jagua.cfg.sld.cu

*****Movimiento de Usuarios de Biogás en Cienfuegos. Delegación de Cubasolar en Cienfuegos, Cuba.

E-mail: forum@pppcfgos.co.cu

Resumen

Garantizar el acceso a la energía y combatir el cambio climático son Objetivos de Desarrollo Sostenible. El objetivo de este trabajo fue evaluar los avances de la tecnología del biogás en la provincia de Cienfuegos durante los últimos 10 años. Se utilizó el procedimiento de los ocho pasos para la solución de un problema, complementado con metodologías y herramientas específicas para los estudios ingenieros. El diagnóstico inicial arrojó que la reanimación del programa porcino incrementó la contaminación ambiental. El incremento de capacidad de digestores de biogás para tratar los residuales porcinos, y disminuir los consumos de energía eléctrica y de leña asociados a la producción porcina, fueron las prioridades del trabajo. El plan de medidas requirió de una implementación progresiva. Primero se logró incrementar de forma exponencial la cantidad de biodigestores de biogás, y más recientemente se ejecuta un proyecto demostrativo para la generación eléctrica con biogás a pequeña escala. Aún persisten algunas deficiencias en el diseño de ingeniería y(o) construcción de los biodigestores, y malas prácticas de su operación y mantenimiento. Realizar evaluaciones integrales, optimizar la digestión, desarrollar proyectos demostrativos para la generación de energía eléctrica, incrementar la participación del sector estatal y fortalecer el Movimiento de Usuarios del Biogás son los principales retos. La tecnología ha contribuido a reducir la contaminación ambiental y a reducir la generación de gases de efecto invernadero de la producción porcina; y con ello mitigar el cambio climático. Los impactos energéticos y económicos, ambientales y sociales del uso del biogás en Cienfuegos han sido significativos.

Palabras clave: Energía, cambio climático, contaminación, biogás, biodigestores.

ADVANCES AND CURRENT STATUS OF BIOGAS IN CIENFUEGOS

Abstract

To guarantee access to energy and to combat climate change are Sustainable Development Objectives. The objective of this paper was to evaluate the advances of the biogas technology in the province of Cienfuegos, during the last 10 years. Was used the eight-step procedure for the solution of a problem, complemented with specific methodologies and tools for the engineering studies. The initial diagnostic showed that the re-animation of the pig program increased environmental pollution. The increase of capacity of biogas digesters to treat pig waste, and decrease the consumption of electric energy and firewood associated with pig production

were the work priorities. The plan of measures required a progressive implementation. First the number of biogas digesters was increased exponentially, and more recently a demonstration project for small-scale biogas electricity generation was implemented. There are still some deficiencies in the engineering design and/or construction of the biodigesters, and poor operation and maintenance practices. To carry out integral evaluations, to optimize digestion, to develop demonstration projects for the generation of electric energy, to increase the participation of the state sector and strengthen the Biogas Users Movement are the main challenges. The technology has contributed to reduce environmental pollution from pig production and to reduce the generation of greenhouse gases; and with it to mitigate climate change. The energy and economic, environmental, and social impacts of biogas use in Cienfuegos have been significant.

Keywords: Energy, climate change, contamination, biogas, biodigesters.

Introducción

Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos; a la vez que se adopten medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos son Objetivos de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible [ONU, 2015].

El cambio climático es uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo y supone una presión adicional para nuestras sociedades y el medioambiente [ONU, 2017]. Los impactos globales del cambio climático son hoy ampliamente reconocidos por la ciencia [IPPC, 2017]. La Estrategia Ambiental Nacional de Cuba 2016-2020 [Citma, 2015] reconoce el impacto del cambio climático como uno de los principales problemas ambientales del país.

Incrementar el empleo de fuentes renovables de energía que contribuya a reducir la generación de gases de efecto invernadero, a mitigar el cambio climático y a promover un desarrollo económico menos intenso en carbono, es un objetivo estratégico del país [PCC, 2017a]. En este contexto la Tarea Vida [Citma, 2017] establece identificar y controlar las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.

Asimismo, desarrollar una agricultura sostenible empleando una gestión integrada de ciencia, tecnología y medio ambiente es una de las prioridades de la Política Agroindustrial de Cuba [PCC, 2017b]. Sin embargo, se reconoce que la contaminación ambiental provocada por este sector se ha incrementado [Citma, 2015].

Las emisiones de CH₄ y N₂O derivadas del almacenamiento y el manejo del estiércol de ganado vacuno y porcino, como resultado de la descomposición de las excretas, son significativas. La implementación de proyectos de producción de biogás a partir del manejo del estiércol en biodigestores individuales representa una alternativa viable de reducir los GEI [Sosa, 2007; Valentín y López, 2009; López, 2011; Díaz *et al.*, 2017].

Las estrategias municipales de desarrollo local demandan de conocimientos muy diversos, desde los relativos a los procesos de planificación territorial, hasta saberes relacionados con tecnologías para lograr más eficiencia y menos impactos sobre el medioambiente. Dentro de las tecnologías apropiadas de energía renovable, el biogás resulta una de las mejores opciones, y aplicar esta tecnología constituye una prioridad nacional y un componente básico para el desarrollo local [Cubasolar, 2015].

En estos contextos, la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar) y el Movimiento de Usuarios del Biogás (MUB) en Cienfuegos han apoyado en la provincia el Programa de Desarrollo Perspectivo de las Fuentes Renovables y el Uso Eficiente de la Energía hasta el 2030 y la Tarea Vida, en particular el Biogás.

El objetivo fue evaluar los avances de la tecnología del biogás en la provincia de Cienfuegos durante los últimos 10 años.

Tabla 1. Ocho pasos en la solución de un problema

Etapas	Pasos	Nombre y breve descripción
Planear	1	Seleccionar y caracterizar un problema: elegir un problema realmente importante, delimitarlo y describirlo, estudiar antecedente e importancia, y cuantificar su magnitud actual
	2	Buscar todas las posibles causas: lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. Participan los involucrados
	3	Investigar cuáles de las causas son más importantes: recurrir a datos, análisis y conocimiento del problema
	4	Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes: para cada acción, detallar en qué consiste, su objetivo y cómo implementarla; responsables, fechas y costos
Hacer	5	Ejecutar las medidas remedio: seguir el plan y empezar a pequeña escala
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos: comparar el problema antes y después
Actuar	7	Prevenir la recurrencia: si las acciones dieron resultado, éstas deben generalizarse y estandarizar su aplicación. Establecer medidas para evitar recurrencia
	8	Conclusión y evaluación de lo hecho: evaluar todo lo hecho anteriormente y documentarlo

Fuente: [Gutiérrez y De La Vara, 2013].

Materiales y métodos

En la estructuración metodológica se tuvo en cuenta el procedimiento de los ocho pasos para la solución de un problema [Gutiérrez y De La Vara, 2013], inspirado en el ciclo de la calidad o ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar), complementado con metodologías y herramientas específicas para los estudios ingenieros, bajo el principio de la convergencia metodológica. En la tabla 1 se muestra una síntesis de los mismos.

Resultados y discusión

Pasos 1, 2, 3, 4:

En un primer momento, a solicitud del Consejo Energético Provincial, en el 2010 Cubasolar y las demás instituciones implicadas realizaron un recorrido por el territorio para diagnosticar la situación y reflexionar sobre la realidad existente. Se constituyó el Grupo Provincial del Biogás y el Movimiento de Usuarios del Biogás.

En un segundo momento se realizó un diagnóstico participativo dirigido al levantamiento, recopilación y análisis de la situación, así como la selección y priorización del problema central. Se constató que la reanimación del programa porcino, en particular en el sector no estatal, ha incrementado los volúmenes de residuales, sin un tratamiento adecuado.

El problema central identificado fue el incremento de la contaminación ambiental. Las excretas y aguas residuales porcinas, aun cuando se dispongan a sistemas de lagunas de oxidación, sufren un proceso de digestión anaeróbica natural, con emisiones de grandes cantidades de gas metano (CH₄) a la atmósfera, gas de efecto invernadero (GEI) con incidencia directa en el cambio climático. Esta contaminación atmosférica a nivel local, debido a su alto potencial de efecto invernadero y su contribución al cambio climático, tiene un impacto negativo significativo en la calidad ambiental y en la salud humana. Asimismo, las aguas residuales son dispuestas a los cuerpos receptores, y muchas veces son utilizadas con fines de riego agrícola, contaminando las aguas y el suelo.

La otra fuente de contaminación se debe al incremento de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por la quema en las centrales eléctricas de combustible fósil, debido al incremento del consumo de energía eléctrica asociado a la infraestructura porcina. Asimismo, por el consumo de leña para la cocción de alimentos porcinos.

En un tercer momento, utilizando herramientas participativas, se profundizó en las causas y consecuencias del problema central detectado, elaborándose el Árbol de Problemas, mostrado en la figura 1.

En un cuarto momento, atendiendo a las prioridades nacionales y a la problemática declarada en el Árbol de Problemas, se procedió al análisis y selección de los posibles objetivos, utilizando como instrumento metodológico la construcción del Árbol de Objetivos que se muestra en la figura 2.

Se validó que el desarrollo y utilización del biogás como fuente renovable de energía, además de constituir un valioso recurso energético, contribuye a la reducción de la contaminación ambiental y a la mitigación del cambio climático.



Fig. 1. Árbol de Problemas. Fuente: Elaboración propia.



Fig. 2. Árbol de Objetivos. Fuente: Elaboración propia.

En un quinto momento se efectuó el análisis cualitativo y cuantitativo de las alternativas de solución. En este contexto las alternativas de intervención evaluadas fueron las siguientes:

Alternativa 1: Incrementada la capacidad de biodigestores de biogás para tratar los residuales porcinos.

Alternativa 2: Disminuidos los consumos de energía eléctrica del SEN y de leña asociados a la producción porcina.

Alternativa 3: Incrementada la capacidad de digestores de biogás para tratar los residuales porcinos, y disminuidos los consumos de energía eléctrica del SEN y de leña asociados a la producción porcina. (Alternativa 1 + Alternativa 2).

Como resultado del análisis se validó que la alternativa 3 era la más adecuada y viable para alcanzar los propósitos en el Árbol de Objetivos

El plan de medidas requirió de su aplicación progresiva, priorizando primero el incremento de la capacidad de di-

gestores a pequeña escala, y luego la generación eléctrica con biogás.

Las principales soluciones fueron las siguientes:

1. Socializar a través del MUB los criterios de diseño, construcción, operación, mantenimiento, y de seguridad de los biodigestores de biogás [Sasse, 1984; Guardado, 2006; Guardado, 2007; Chao *et al.*, 2011; SEMARNAT-SAGARPA, 2010; Sosa *et al.*, 2017].
2. Cálculos de ingeniería básica para el diseño de biodigestores.
3. Elaboración de proyectos ingenieros de biodigestores de distintas capacidades.
4. Mejoras en los biodigestores existentes.
5. Programas de capacitación, asesoramiento técnico y divulgación sobre los conocimientos mínimos de la tecnología.
6. Diseño y habilitación de sistemas de purificación del biogás.

Paso 5:

Como resultado de la implementación de las soluciones anteriores se incrementó la cantidad de biodigestores de biogás en Cienfuegos. El inventario de los equipos en funcionamiento al cierre de 2019 en Cienfuegos fue de 219 equipos, con una capacidad media de 15 m³ de volumen del digestor.

En la figura 3 se muestra la progresión en el crecimiento de la cantidad de biodigestores de biogás durante los últimos 10 años. Como se puede apreciar se logró un crecimiento exponencial hasta el 2016. A partir de esa fecha el crecimiento ha sido menos intensivo debido al reordenamiento de los productores porcinos.

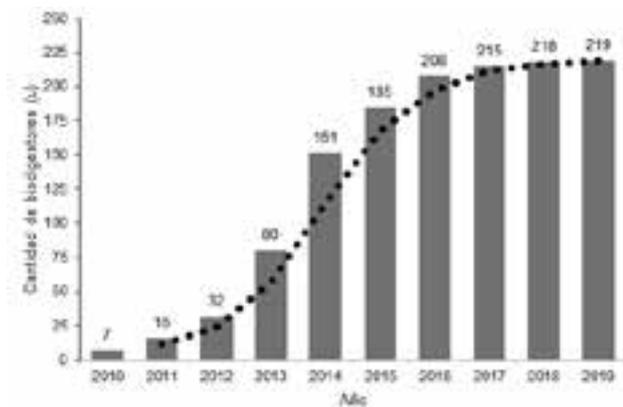


Fig. 3. Progresión en el crecimiento de la cantidad de biodigestores de biogás en Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia.

Más recientemente se ejecuta un proyecto demostrativo para la generación eléctrica con biogás a pequeña escala para el autoabastecimiento, con financiamiento internacional de la Cuba Cooperación Francia, EDF Francia y de la Plataforma Articulada para el Desarrollo Integral Territorial (Padit). El grupo electrógeno de biogás es de 10 kW. Con ello se logrará disminuir el consumo de energía eléctrica del SEN y de leña asociado a la producción porcina.

Paso 6:

Basado en el principio de la mejora continua, se realizan inspecciones periódicas del estado técnico, funcionalidad, condiciones de operación y mantenimiento de los equipos en funcionamiento. El diagnóstico técnico arrojó que aún existen las deficiencias siguientes:

1. En la ingeniería y construcción.
2. Malas prácticas de operación.
3. Fugas, rasgaduras y daños en cubiertas.
4. Falta de limpieza y mantenimiento.
5. Falta de filtros de biogás.
6. Falta de infraestructura para el secado de los lodos y almacenamiento de biol.
7. Falta de caracterización del biogás, lodo y biol.
8. Falta de evaluaciones de eficiencia.
9. Carencias de lagunas secundarias para mejorar la calidad del efluente.
10. Muy poco uso del lodo y del biol como biofertilizantes.

Paso 7:

Se trabaja en el fortalecimiento del Movimiento de Usuarios del Biogás (MUB), para con el empleo de la ciencia y la técnica generalizar las buenas prácticas y contribuir al conocimiento y promoción de una cultura integral para el desarrollo sostenible en el uso del biogás. Asimismo, incrementar la interrelación y colaboración entre los principales actores, contribuyendo de manera decisiva a la necesaria cultura popular, en aras del desarrollo del biogás.

Se continúa trabajando en las prioridades siguientes:

- Realizar evaluaciones integrales en los biodigestores.
- Optimizar la digestión.
- Generalizar el tratamiento secundario para los efluentes (Lagunas).
- Generalizar los filtros de biogás.
- Generar energía eléctrica con biogás.
- Potenciar la participación del sector estatal en el aprovechamiento del Biogás (Centros Porcinos y Empresa Agropecuarias).

Paso 8:

- Los biodigestores de biogás a pequeña escala han demostrado ser una tecnología apropiada.
- La tecnología ha contribuido a reducir la contaminación ambiental de la producción porcina y a reducir la generación de gases de efecto invernadero; y con ello a mitigar el cambio climático.
- Los impactos energéticos y económicos, ambientales, y sociales del uso del biogás en Cienfuegos han sido significativos. Los datos que se refieren a continuación fueron estimados sobre la base de los biodigestores en funcionamiento en 2019.

Impactos energéticos y económicos:

- Potencia instalada equivalente a 264,8 kW.
- Producción de biogás de 399 675 m³/año.

- Aporte energético de 199,8 teq/año de combustible fósil dejadas de consumir.

Impactos ambientales:

- 8952 t/año de excretas tratadas.
- 601,4 teq/año de CO₂ dejadas de emitir.

Impactos sociales:

- Mayor empoderamiento de la tecnología e incremento del sentido de su pertenencia.
- Mejoras en los servicios de energización de los productores y sus familias.
- Mejoras en la calidad de vida de los usuarios, en particular, la mujer.

Conclusiones

El trabajo sostenido de la Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar) y del Movimiento de Usuarios del Biogás (MUB) en Cienfuegos ha permitido un crecimiento significativo de la cantidad de biodigestores en la provincia de Cienfuegos durante los últimos 10 años.

Persisten algunas deficiencias en el diseño de ingeniería y(o) construcción de los biodigestores, y malas prácticas de operación y mantenimiento, entre otras.

Necesidad de realizar evaluaciones integrales, optimizar la digestión, desarrollar proyectos demostrativos para la generación de energía eléctrica, incrementar la participación del sector estatal y fortalecer el Movimiento de Usuarios del Biogás son los principales propósitos.

La tecnología ha contribuido a reducir la contaminación ambiental y a reducir la generación de gases de efecto invernadero de la producción porcina; y con ello a mitigar el cambio climático. Los impactos energéticos y económicos, ambientales, y sociales del uso del biogás en Cienfuegos han sido significativos.

Bibliografía

- CAMACHO, H.; L. CÁMARA, R. CASCANTE Y H. SAINZ (2001). *El Enfoque del marco lógico: 10 casos prácticos. Cuaderno para la identificación y diseño de proyectos de desarrollo*. 234 pp. ISBN: 84-87082-17-3.
- CITMA (2015). *Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2727/1/Estrategia%20Ambiental%20Nacional%202016-2020.pdf>. Consultado el 02-06-2016.
- CITMA (2017). *Plan de Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). La Habana, Cuba. Disponible en: <http://www.contraloria.gob.cu/documentos/noticias/FO-LLETO%20TAREA%20VIDA.PDF>. Consultado el 26-04-2017.
- CUBASOLAR (2015). *Tecnologías apropiadas de energía renovable para proyectos municipales*. La Habana: Ed. Cubasolar, 104 pp. ISBN 978-959-7113-46-1

- CHAO, R.; Y. DÍAZ, R. SOSA Y A. A. PÉREZ (2011). «Diseño y evaluación de un biodigestor tipo Túnel». *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, Volumen 18 (2), pp. 150-156. ISSN 1026-9053.
- DÍAZ, Y. M.; J. L. DE LA FUENTE, S. GONZÁLEZ Y M. T. CRUZ (2017). «Tratamiento de aguas residuales y utilización del biogás como fuente renovable de energía». *Boletín Técnico Porcino*. Volumen 35, pp. 5-7. ISSN 2077-4745.
- GUARDADO, J. A. (2006). *Tecnología del biogás. Manual del usuario*. La Habana: Ed. Cubasolar, Cuba. 22 pp. ISBN 959-7113-27-9.
- GUARDADO, J. A. (2007). *Diseño y construcción de plantas de biogás sencillas*. La Habana: Ed. Cubasolar, Cuba. 70 pp. ISBN 959-7113-33-3.
- GUTIÉRREZ H. Y R. DE LA VARA (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. McGraw Hill Interamericana, ISBN 978-970-10-6912-7. México D.F.
- IPCC (2017). *Quinto Informe de Evaluación [Online]*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf. Consultado el 3-03-2017.
- LÓPEZ, R. (2011). «Análisis del potencial de mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) relacionado con los efluentes líquidos de los establecimientos tamberos y porcinos. Construcción de capacidades y asistencia técnica para promover la participación de Paraguay en el mercado de carbono». Secretaría del Ambiente de Paraguay, Asunción. Disponible en: <http://documentos.bancomundial.org/curated/es/224891468098677077/pdf/653740WPoP1061000Final-290702011pdf.pdf>. Consultado el 29-09-2013.
- ONU (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1*. United Nations Organization, 2015. Disponible en: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Consultado el 23-01-2018.
- ONU (2017). *Cambio Climático*. Organización de las Naciones Unidas (ONU). Disponible en: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>. Consultado el 3-03-2017.
- PCC (2017a). *Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030*. Documentos del 7mo. Congreso del Partido. Disponible en: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/%C3%BAltimo%20PDF%2032.pdf>. Consultado el 21-09-2017.
- PCC (2017b). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2030*. Documentos del 7mo. Congreso del Partido. Disponible en: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/%C3%BAltimo%20PDF%2032.pdf>. Consultado el 21-09-2017.
- SASSE, L. (1984). *La planta de biogás: Bosquejo y detalles de plantas sencillas*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. 86 pp. ISBN 3-528-02010-5
- SEMARNAT-SAGARPA (2010). *Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Biodigestores en México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/CD001057.pdf>. Consultado el 14-05-2012.

SOSA, R. (2007). «Fundamentación del uso de los biodigestores tubulares en el tratamiento de aguas residuales en pequeñas producciones porcinas». Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Agraria de La Habana, pp.111.

SOSA, R.; Y. M. DÍAZ, M. T. CRUZ, J. L. DE LA FUENTE, P.L. DOMÍNGUEZ, I. CABRERA, R. BRUNELYS Y N. ESPINOSA (2017). *Programa de implementación de biodigestores como sistemas de tratamiento de aguas residuales y la obtención de energía, biogás y fertilizante orgánico en la producción porcina cubana*. Revista

Computadorizada de Producción Porcina, Volumen 24 (1), pp. 58-68. ISSN 1026-9053.

VALENTÍN, P. y C. LÓPEZ (2009). *Notas sobre emisiones de gases de invernadero asociadas a proyecto de manejo del estiércol del ganado porcino utilizando biodigestores tubulares de polietileno*. Equipo Técnico de Gases de Invernadero. CE-CONT/INSMET. La Habana. Cuba. Inédito.

Recibido: 1ro de agosto 2020.

Aceptado: 20 de agosto de 2020.

REQUERIMIENTOS PARA EL MONTAJE DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

Por Ing. Pablo Sánchez Yáñez*

*Especialista Planeamiento y Desarrollo. Dirección Desarrollo, UNE-Ministerio de Energía y Minas (Minem).

E-mail: pablo@oc.une.cu

Resumen

Con el paso de los años el consumo eléctrico ha crecido exponencialmente, a medida en que la industria se desarrolla se hace más eficiente, pero también contribuye a que existan más equipos de consumo en el sector residencial, y por ende un mayor aporte de este sector en la curva de demanda. En Cuba este fenómeno se observa claramente, pues más de 56 % de la demanda proviene del sector terciario, y el principal pico eléctrico del país coincide con la mayor demanda en cada una de las familias cubanas. La influencia del sector residencial dictamina que nuestra curva tenga un factor de carga inferior a 67 %, aunque años atrás fuera menor a 59 %, pero la cocción por gas y por consecuencia la reducción de la demanda del pico nocturno por este motivo, mejoraron este índice, bien importante a la hora de saber cuánta magnitud de potencia con fuentes renovables de energía puede asumir un sistema eléctrico. Dentro de la generación con fuentes renovables, la fotovoltaica es de las de mayor potencial en Cuba, y aunque la política dicta su utilización a gran escala (utility) es necesario explotar el potencial existente en el sector terciario y en la pequeña y mediana industria (*Behind the meter*). Con vistas a esto se realiza este trabajo, en el cual se argumentan los requerimientos que deben tener los sistemas fotovoltaicos para su puesta en marcha en Cuba

Palabras clave: Módulos fotovoltaicos, sector residencial, factor de carga, sector terciario.

REQUIREMENTS FOR THE MOUNTING OF PHOTOVOLTAIC MODULES IN THE RESIDENTIAL SECTOR

Abstract

Over the years, electricity consumption has grown exponentially, as the industry develops more efficiently, but also contributes to more consumption equipment in the residential sector, and therefore a greater contribution of this sector in the demand curve. In Cuba this phenomenon is clearly observed, more than 56 % of the demand comes from the tertiary sector, and the country's main electricity peak coincides with the highest demand in the Cuban families. The influence of the residential sector dictates that our curve has a load factor of less than 67 %, although years ago it was less than 59 %, but cooking by gas and consequently the reduction in the demand for the night peak for this reason, improved this very important index when it comes to knowing how much power with renewable sources of energy an electrical system can assume. Within the generation with renewable sources, the photovoltaic generation is one of the most potential in Cuba, and although the policy dictates its use on a large scale (utility) it is necessary to exploit the potential existing in the tertiary sector and in the small and medium industry (*Behind the meter*). In view of this, this work is carried out where the requirements that photovoltaic systems must have for their implementation in Cuba are argue.

Keywords: Photovoltaic modules, residential sector, load factor, tertiary sector

Introducción

La generación de electricidad en Cuba se realiza mayormente por el empleo de combustibles fósiles, alcanzando 95 % de la energía total generada. Es por ello que el sistema eléctrico cubano se caracteriza por su alta dependencia de la importación de combustibles, costos elevados de generación, y además una infraestructura tecnológica con más de 30 años de explotación y con elevados índices de emisión de gases de efecto invernadero.

A partir de estas condiciones el país decide aprobar en junio de 2014 una política para fomentar el desarrollo de las fuentes renovables de energía (FRE) y promover la eficiencia energética. Esta política plantea introducir de forma intensiva tecnologías renovables y de bajas emisiones, con el objetivo de llegar a 2030 con 24 % de penetración en el mix de generación a partir de FRE (Fig. 1).

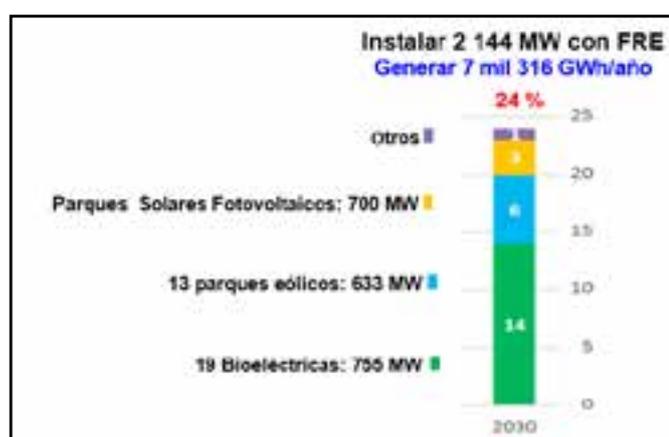


Fig. 1. Potencia de FRE autorizada en la política.

Cuba posee una radiación solar promedio de 5 kWh/m² día, lo que significa que con 1 kWp instalado se puede generar alrededor de 130 kWh mensuales y alrededor de 1500 kWh al año.

A partir de la aplicación de la política se ha llevado a cabo un extenso programa para el uso de la energía solar fotovoltaica y ya existen en operación 65 parques fotovoltaicos con una capacidad de 152,3 MW (Fig. 2).

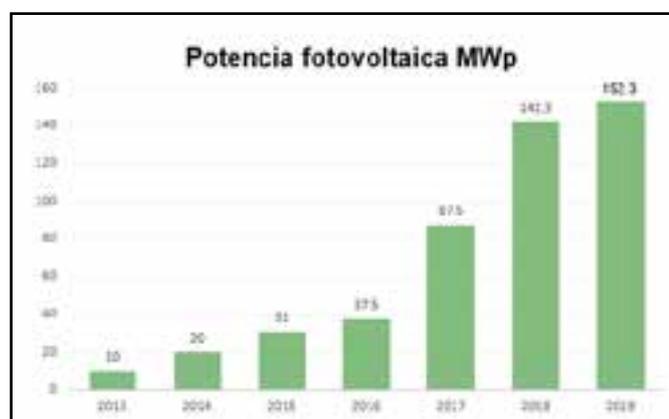


Fig. 2. Aumento de potencia solar fotovoltaica por años.

Además de los parques fotovoltaicos para *utilities* (mayor potencia), la política concibe el uso de la energía fotovoltaica para el autoconsumo en las industrias y el sector

residencial; este último representa más de 57 % del consumo del país. Es por ello que minimizar el impacto del sector residencial en la curva de carga del país permitirá mejorar el Factor de Carga y con ello hacer más eficiente el uso de las unidades generadoras.

Desarrollo

En el caso de su aplicación al sector residencial es necesario tener en cuenta una serie de requisitos que se exponen a continuación, así como el código de interconexión creado por la UNE para su aplicación.

Para la compra o la importación de estos equipos es necesario conocer cuáles son las partes y piezas que componen un sistema fotovoltaico (Fig. 3).

a) Paneles fotovoltaicos (potencia de 180-360 Wp):

- Módulos monocristalinos (mayor eficiencia)
- Módulos policristalino
- Módulos amorfos

b) Protecciones de corriente directa (DC).

c) Protecciones de corriente alterna (AC).

Ambas protecciones se utilizan para proteger el cableado y el equipamiento contra sobrecargas y cortocircuitos.

d) Inversor fotovoltaico inteligente (integra el regulador de carga y el net manager).

- Inversor fotovoltaico
- Regulador de carga
- Net manager

El inversor debe contar con características imprescindibles para su introducción en el país. Primero, es esencial que cuenten con el modo de trabajo Anti-Isla, para una vez que exista una falla en la red se desconecte y no se convierta en una fuente de generación que pueda causar daños a equipos de otros consumidores o un accidente a los operarios que vengán a revisar la avería de la línea.

Segundo, el regulador o el propio Inversor, si ya integra el regulador de carga, debe contar con la función MPPT (Seguimiento del Punto Máximo de Potencia) que le permite al arreglo de paneles fotovoltaicos y baterías usar la menor cantidad posible de energía de la red siempre que la radiación y el consumo lo permitan.

Tercero, la eficiencia del inversor debe ser mayor a 90 % y operar para valores de tensión entre 120/240 con una variación permisible de 10 %, según la Norma Cubana de Tensión NC 365:2011.

Cuarto, el inversor debe operar para una frecuencia de 60 Hz y la tasa de distorsión de armónicos que estos introducen a la red debe ser menor a 3 %.

e) Sistema de almacenamiento en baterías.

Es recomendable que por cada kWde capacidad del inversor, no se instale más de 1,5 kWp en paneles fotovoltaicos y se tenga una batería no mayor de 100 Ah para que el

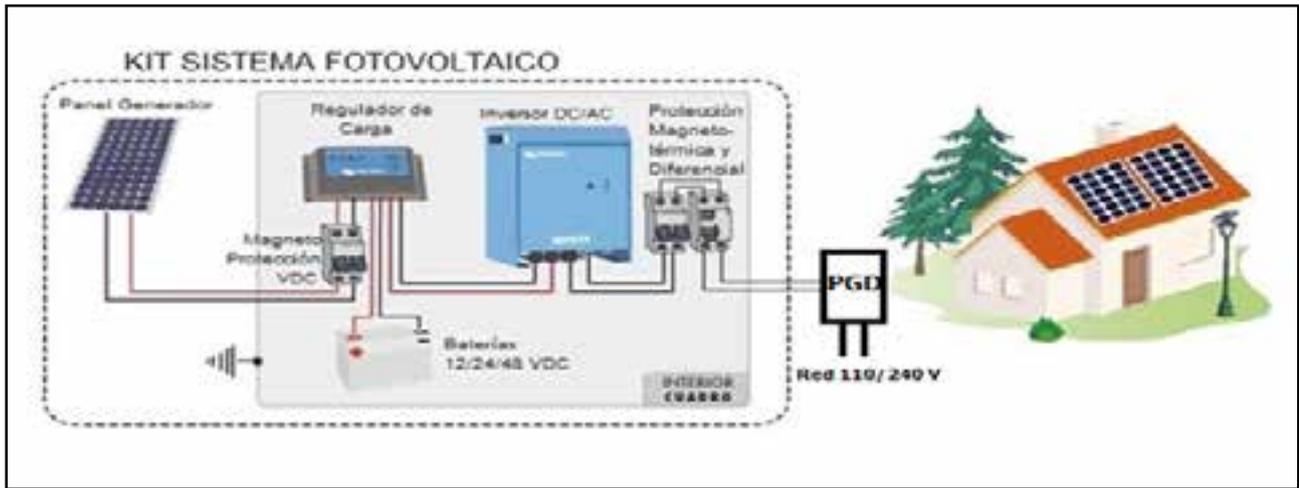


Fig. 3. Kit de un sistema fotovoltaico conectado a red.

sistema de MPPT funcione adecuadamente. Normalmente la tensión de operación de la batería es de 12 V para kits menores de 1500 W, entre 24-48 V para kits fotovoltaicos entre 1500 W y 5000 W. Para configuraciones mayores a 5000 W se elige como tensión de trabajo 120 V. Esto se logra a través de una configuración serie-paralelo para lograr la tensión y la capacidad necesaria. (Figura 4).

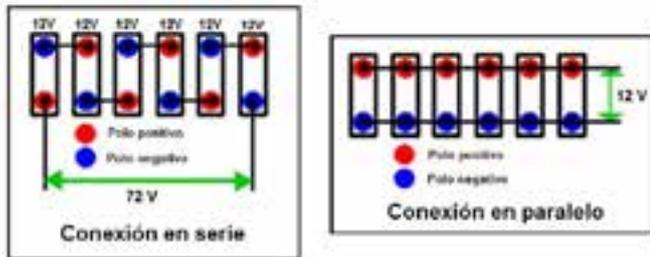


Fig. 4. Tipos de conexión de las baterías.

- f) Conductor corriente directa 0.6/1 kV: (doble polaridad cada uno, 150 m calibre 2,5-4 mm² y aislamiento ZZ-F).
- g) Conductor corriente alterna hasta 50 m (2.5-4 mm² y aislamiento RV-K).
- h) Conectores.
- i) Caja de derivación o de conexiones (String box combiner).
- j) Relé de conexión a la red o sistema de protección anti isla.
- k) Sistema de puesta a tierra.

Este sistema se diseña para drenar a tierra las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas que ocurren normalmente en las partes altas de las estructuras metálicas de la instalación. Es necesario que antes de la puesta en marcha, la UNE o la entidad que realice el montaje certifique los valores de resistencia permisibles.

l) Herraje y tornillería.

A continuación se relacionan los precios estimados del costo de cada uno de los componentes en el mercado internacional, así como de kits fotovoltaicos completos que incluyen módulos de baterías (Tablas 1 y 2).

Tabla 1. Precios estimados por componentes en el mercado internacional

Parte y Piezas	Precio Estimado (USD)
Panel fotovoltaico	0,21 USD/Wp
Inversor	0,3 USD/W
Regulador de carga	0,5 USD/W
Inversor Híbrido	0,5 USD/W
Baterías	0,6 USD/W
Conductor de corriente directa	1,75 USD/m
Conductor de corriente alterna	1,45 USD/m
Conectores MC4 o equivalentes	3,35 USD/u
Caja de conexiones	47 USD
Sistema de puesta a tierra	125 USD
Herrajes y tornillería	550 USD
Protecciones de corriente directa	30 USD
Protecciones de corriente alterna	43 USD

Tabla 2. Precios estimados de los kits fotovoltaicos en el mercado

Tamaño del sistema	Rango de precio (USD)	Precio promedio (USD)
1,1 kWp	1200-3000	2700
2,2 kWp	2200-5500	3250
3,3 kWp	3000-5400	3650
4,4 kWp	3500-6200	4120
5,5 kWp	4100-7400	5680

La operación del kit fotovoltaico en el sector residencial vendrá regulada por la UNE a través del documento «Procedimiento de interconexión para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo en el sector residencial».

Además, en el contrato firmado ente la UNE y el usuario final que va a comprar un kit fotovoltaico vendrán dispuestos los precios de compra de la energía entregada en la red, así como las disposiciones legales.

Es necesario también cumplir los siguientes pasos y verificar su cumplimiento, para evaluar la instalación y certificarla antes de su interconexión con la red:

- Utilizar el equipo de seguridad en su trabajo, identificar condiciones de riesgo, ordenar y usar la herramienta adecuada durante toda la instalación.
- Identificar las trayectorias y las canalizaciones de conexiones para CA y CC, verificar el rango de tensión de la red eléctrica y del SFVI.
- Verificar la existencia del sistema de puesta a tierra general de la instalación eléctrica.
- Identificar las características de los elementos propios de la superficie de anclaje como la inclinación, los materiales, impermeabilizante y obstáculos; verificar la orientación y elementos de potencial sombra en el sistema.
- Verificar materiales y complementos, verificar la existencia del sistema de protección contra tormentas eléctricas.
- Verificar visualmente el estado físico del aislamiento de los conductores eléctrico.
- Ensamblar y fijar la estructura del equipo, fijar la base en el lugar designado.
- Montar el módulo fotovoltaico, montar el inversor o micro inversor.
- Conectar los componentes de seguridad del SFVI, verificar la puesta marcha del sistema.
- Conectar el sistema ordenadamente para la seguridad del instalador, del sitio y de los usuarios.

Con este procedimiento se puede proceder a la puesta en servicio del módulo fotovoltaico, lo cual contribuirá a la rebaja de la escala de consumo en los clientes residenciales y con ello un ahorro económico sustancial mientras mayor sea la demanda. Mientras mayor sea ese consumo en el horario en que mayor radiación exista, consecuentemente será el ahorro en la tarifa eléctrica.

Conclusiones

La introducción de módulos fotovoltaicos en el sector residencial, además de apoyar la política de introducción de hasta 24 % con fuentes renovables de energía en el mix de generación, permitirá reducir la demanda en el pico diario que aporta el sector residencial o no estatal de ser-

vicios y negocios. Los principales privilegiados serán los considerados como clientes de gran consumo, y podrán recuperar la inversión entre 6-13 años, en dependencia de la escala eléctrica. Para clientes que consuman más de 500 kWh al mes, que son los que se le aplica la factura de 2 \$/kWh para 501-1000 kWh la recuperación será entre 10-12 años. Los que tengan un consumo mayor y se encuentren en la escala de 3 \$/kWh o 5 \$/kWh la inversión se recuperará entre 6-10 años, y teniendo en cuenta que los módulos fotovoltaicos tienen una vida útil de alrededor de 20 años, el uso de estos se hace indispensable. Además, al ser una fuente de energía que reduce la demanda en los circuitos de distribución, influirá también en la mejora de los perfiles de tensión y en la disminución de la carga en los transformadores durante el día.

Bibliografía

ALONSO LORENZO, JOSÉ A. (2018). «Manual para instalaciones fotovoltaicas autónomas». Europe SunFields (2018): 14 pp, marzo, 2018. www.sfe-solar.com

RAMOS LÓPEZ, HUMBERTO; RAFAEL LUNA PUENTE (2014). «Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red para el área de estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca». Chihuahua: Maestría en Energía Renovables, 2014. 96 pp. CIMAV.

BASTIDAS, RODRIGO (2017). «Soluciones eficientes y confiables para instalaciones fotovoltaicas de todos los tamaños», en *Soluciones para Instalaciones Fotovoltaicas ABB* (2017): 23 pp, 2017. www.abb.com.cu

BLANCO SARDINERO, ISRAEL (2015). «Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial». Madrid: Tesis de Ingeniería Técnica Industrial, 2015. 154 pp. Universidad Carlos III de Madrid.

AYLU SOLAR (2018). «Manual sobre instalaciones de Plantas Fotovoltaicas». Ministerio de Energía (2018): 24 pp., 2018. Gobierno de Chile.

ALMARZA, DANIEL; ARIEL HERNÁNDEZ VENEGAS, GUILLERMO SOTO OLEA Y CHRISTIAN SANTANA OYARZÚN (2016). *Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos*. Santiago de Chile: Programa de Techos Solares Públicos, 2016. 78 pp. Ministerio de Energía, Gobierno de Chile.

RODRÍGUEZ GALBARRO, HERMENEGILDO (2017). «Cálculo y diseño de una instalación solar fotovoltaica para autoconsumo en vivienda», en *Instalación Solar Fotovoltaica para vivienda* (revisión 2017): 59 pp., 2017. www.ingemecanica.com

Recibido: 1ro de agosto 2020.

Aceptado: 20 de agosto de 2020.