

PROPUESTA DE EMPLEO DE CALENTADORES SOLARES: ALTERNATIVA PARA REDUCCIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO EN RESIDENCIA ESTUDIANTIL

Proposal for the use of solar water heaters: Alternative for the reduction of energy consumption in student housing

Williams V. Taylor Mestre¹, Juan S. de la Paz Pérez¹, Ing. Ernesto Alberto Alvarez¹, Dra. Miriam L. Filgueiras Sainz de Rozas¹

¹ Facultad de Ingeniería Electrica. Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría” (Cujae). Calle 114 No 11901 entre 119 y 127, Marianao, La Habana, Cuba.

e-mail : williamsvictortaylormestre@gmail.com delapazperezjuansergio@gmail.com
ealvertao@electica.cujae.edu.cu miriaml@electrica.cujae.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional](#)



Resumen

Este trabajo, constituye un proyecto de curso de la asignatura Economía de la Energía, realizado por estudiantes de Ingeniería Eléctrica CUJAE, en él se propone el diseño preliminar de calentadores solares elaborados con materiales reciclados, con la aplicación de los principios de la Economía Circular. Se asume que la implementación de estos dispositivos se desarrolle en la residencia estudiantil de la CUJAE, luego de un estudio previo de las variables, así como la relevancia de la explotación y aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. Se fundamenta la mencionada implementación a partir del marco del Modelo ReSOLVE. Se aplican los métodos para el trabajo en equipo y se detallan los materiales utilizados para la confección del calentador solar. En los cálculos efectuados se ratifican los significativos ahorros económicos por la reducción de gastos de energía eléctrica. También se demuestra que esta propuesta aboga por el cuidado del medio ambiente a partir del empleo de las fuentes renovables de energía, dado que los calentadores propuestos absorben el calor generado por el sol y disminuyen de forma indirecta las emisiones de gases contaminantes, así mismo elevar la calidad de vida de los estudiantes y fomentar una cultura de reciclaje.

Palabras clave: desarrollo local, economía circular, fuentes renovables de energía

Abstract

This work is a course project of the subject Energy Economics, carried out by students of Electrical Engineering CUJAE, it proposes the preliminary design of solar heaters made from recycled materials, with the application of the principles of Circular Economy. It is assumed that the implementation of these devices will be developed in the CUJAE student residence, after a previous study of the variables, as well as the relevance of the exploitation and use of renewable energy sources. The aforementioned implementation is based on the ReSOLVE Model framework. The methods for team work are applied and the materials used for the construction of the solar heater are detailed. The calculations carried out confirm the significant

economic savings due to the reduction of electric energy costs. It is also demonstrated that this proposal advocates for the care of the environment from the use of renewable energy sources, since the proposed heaters absorb the heat generated by the sun and indirectly reduce emissions of polluting gases, as well as raise the quality of life of students and promote a culture of recycling.

Keywords: local development, circular economy, local development, renewable energies

1. Introducción

La situación ambiental del planeta obliga a una nueva mirada en el uso de los recursos naturales. Orientar el desarrollo hacia la sostenibilidad implica desafíos como reducir el uso de la energía procedente de los combustibles fósiles; utilizar la energía procedente de las fuentes renovables; incrementar la eficiencia energética. Cuba asume desde su proyecto económico y social los Objetivos de Desarrollo Sostenible de cara al 2030, para ello deberá incorporar paulatinamente los preceptos de la Economía Circular (1).

La Economía Circular (EC) se sustenta en una estrategia innovadora que pretende modificar el paradigma arcaico de la Economía Lineal “extraer-producir- consumir-desechar”; a partir de un ciclo cerrado, de modo que se aprovechen los desechos para generar nuevos productos y volver a consumir los recursos optimizando su uso e incrementando su vida útil. Debe destacarse el impacto ambiental de este modelo económico, pues los desechos que antes contaminaban ahora son reutilizados. Por ejemplo, las desintegraciones de distintos compuestos generan metano y dióxido de carbono al quemarlos, mientras que reutilizándolos se evita su emisión a la atmósfera (2-4).

Cuba posee una política de desarrollo bien definida en disminuir gradualmente la participación de los combustibles fósiles en la generación de electricidad, lo cual tiene respaldo en documentos normativos como la política para el desarrollo perspectivo de las fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (5), elaborada por la comisión gubernamental creada con este fin y dirigida a aprovechar al máximo los recursos renovales disponibles en el país.

En las instalaciones educativas del país se produce un alto consumo de energía por tanto se tiene como principio conseguir una mejor gestión de los recursos, la cual no se refiere solo a la gestión de los residuos, sino también a la eficiencia energética. Por lo que incluye el desarrollo de las fuentes renovables de energía (2 - 4).

Actualmente no se oferta agua caliente a los estudiantes en la residencia estudiantil de la CUJAE, ante esta situación concurren al empleo frecuentemente equipos inefficientes. Cuando se realizó un intercambio con los estudiantes, se pudo comprobar empíricamente el uso de duchas, hornillas y calentadores domésticos, por los estudiantes en sus actividades diarias.

Como parte de la integración de la docencia y la investigación, un grupo de estudiantes de 3er año de la carrera de Ingeniería Eléctrica en la CUJAE abordaron la solución de este problema con un enfoque de sostenibilidad a través de su proyecto final (6). Por lo cual, el objetivo del trabajo es: proponer una solución que contribuya a mejorar la calidad de vida en la residencia estudiantil, desde un proyecto con implementación de los principios de la Economía Circular.

Está muy difundido el uso de los calentadores solares, ya que es de fácil elaboración. Como tal, el calentador solar es un colector solar que emplea como absorbedor dos tubos de vidrio concéntricos, con un espacio vacío entre la pared exterior y el tubo inferior o absorbedor; el tubo evacuado tiene doble pared de vidrio, la cara externa del tubo interno contiene una capa de un compuesto de alta absorción solar, la pared externa es de vidrio liso de alta transparencia y entre ambas paredes se halla un vacío, que reduce la transferencia de calor entre paredes y hacia el medio ambiente, similar a un termo de café. Por tanto, es posible proponer una solución que contemple los calentadores solares. De ahí que como objetivos específicos para este trabajo se propongan:

1. Calcular el consumo energético a través de mediciones en tiempo real de equipos bajo estudio (calentadores y duchas eléctricas)

Realizar la propuesta del empleo de calentadores solares en edificios de la residencia estudiantil

2. Materiales y Métodos

En la investigación se emplearon métodos como las entrevistas individuales para identificar como es el comportamiento de los becados cuando utilizan los calentadores de agua. El estudio se realizó en el edificio 300, detectándose problemas con el uso de estos equipos.

Para determinar posibles soluciones con un enfoque de Economía Circular, se emplearon los métodos de trabajo en equipo, como tormenta de ideas de las cuales se obtuvieron varias ideas para darle solución a este problema existente en los cuartos de la beca

Además del trabajo grupal se confeccionó una matriz de criterios, herramienta utilizada para evaluar distintas opciones, puntuándolas respecto a criterios de interés para los problemas a resolver y seleccionar la solución con mayor atractivo a los participantes. Para seleccionar una propuesta final se emplea el Modelo ReSOLVE, expuesto en detalle en (3), pues su aplicación tiene fuertes bases en los principios y objetivos de la Economía Circular

Con una propuesta clara, se procedió a identificar los consumos de energía de los calentadores (los que se usan actualmente y los que se proponen cambiar), para ello fueron sometidos a experimentos con la ayuda de instrumentos medición (multímetros y medidores de energía).

3. Resultados y Discusión

Como se mencionó anteriormente en un primer instante se realizó una entrevista a los estudiantes del edificio 300 de la residencia estudiantil de la CUJAE, para identificar el problema a abordar, obteniéndose criterios de como calentaban agua, se mencionan los criterios que más se repiten:

En el momento de calentar el agua, utilizo mi ventilador, una laptop, y un calentador doméstico a la vez.
Calentadores en buen estado, pero se demora mucho en calentar el agua
Las instalaciones eléctricas actuales no aguantan la conexión de los equipos comunes y más de un calentador a la vez.
Otro grupo de estudiantes tienen calentadores criollos(*ver imagen 2*) que presentan un trabajo ineficiente, lo que trae que en varios cuartos aleguen que los tomacorrientes están quemados, como se muestra en la imagen 1



Imagen 1: Tomacorriente quemado por el uso de calentadores eléctricos.

Fuente: Imagen tomada por los autores



Imagen 2: Tomacorriente criollo usado normalmente en la residencia de la Universidad.

Fuente: Imagen tomada por los autores

Con estos criterios el grupo de trabajo se reunió, identificándose como problema común en todos los cuartos:

- La dificultad para calentar agua lo que propiciaba el uso inadecuado de calentadores y en algunos casos de duchas eléctricas realizadas de manera artesanal, situación que repercutía fuertemente en el consumo de la residencia.

Lluvia de ideas se identificaron como posibles soluciones al problema las siguientes:

- 1) Utilización de duchas eléctricas
- 2) Implementar calentadores solares: esto disminuye el consumo energético de la Residencia

Estas opciones serán evaluadas según distintos criterios, se le dándole una puntuación entre 0 y 10, como se observa en la tabla 1. Los criterios no tienen el mismo orden de prioridad la cual oscilará entre 0 y 10, estos valores de prioridad van a ser multiplicados, con los puntos que se les asigne a cada opción en particular, otorgados por todos los integrantes del equipo, después estos valores se suman por cada opción seleccionando la preferida por el equipo y es la que se acepta.

Tabla 1: Matriz ponderada de criterios

Prioridad	Criterios	Opción 1		Opción 2	
3	Facilidad de implementación	9	27	8	24
4	Satisfacción de los estudiantes	6	24	10	40
2	Beneficios a la Residencia Estudiantil	7	14	10	20
1	Posibilidad de implantar la Economía Circular	7	7	8	8
	Total		72		92
	Promedio		18		23

Experimentos para determinar su consumo real

El primer paso en la búsqueda de la solución es conocer el valor real del consumo de energía de un calentador criollo, usado comúnmente en la residencia, por lo cual se diseñó un experimento bajo los siguientes principios:

Recrear exactamente el comportamiento de un usuario al utilizar el equipo

Equipo de medición fue el multímetro UT 233

Las variables a medir en la potencia, tensión y la corriente.

Para reducir el error de la medición se repitió el experimento 5 veces obteniéndose valores promedio

Una vez definidos los principios que determinan el experimento se procedió a su realización de la siguiente manera:

Se introdujo un calentador doméstico en un cubo con agua. Se conectó durante un tiempo y con la ayuda de un multímetro se midieron parámetros energéticos. Se comprobó que la tensión era de 114 V, el calentador midió 13.2 A para una potencia de 1,5 kW. Este experimento se repitió 5 veces más dando resultados similares en todos los casos.

Una vez conocido la potencia de un calentador criollo (1.5 kW), se procede a analizar su consumo mensual. Para ello usamos información recolectada de las entrevistas donde todos los usuarios alegan que utilizan el calentador 1 hora al día como promedio.

$$E = P \times t \quad kWh \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde: **E(kWh)** es energía consumida, **P(kW)** potencia demanda y **t(h)** es el tiempo

Aplicando la formula física de la energía (ver ecuación1) y teniendo en cuenta que el calentador se usa 1 h al día durante 20 días, resulta un consumo de 30 kWh al mes.

Si se utiliza este tipo de calentador en cada cuarto de la Residencia, la misma tendrá un consumo mensual de 14 400 kWh, que representa el 53% del consumo total de la Residencia en un mes. Calculando el costo del consumo energético, la residencia paga 872 150 pesos anuales, de ese total se pagan 450 140 pesos solamente con el uso de calentadores domésticos.

Implementación calentadores solares

En Cuba la empresa Copextel comercializa unos calentadores solares RENSOL de 90, litros (7) de agua con muy buenas prestaciones. Entre sus principales características tenemos las siguientes:

MODELO	RENSOL 47-1510-30
Capacidad tanque (litros)	90
Producción (l/día a 50°C)	130
Tanque interior	Ø 350 mm, material Acero Inoxidable SUS 304 - 2B, Espesor 0,5 mm
Tanque Exterior	Ø 472 mm x L, material Acero Prelacado, Espesor 0,4 mm
Aislamiento térmico	Espuma de poliuretano de espesor 50 mm
Tubo vacío	Dimensiones Ø 47 x 1500 mm (*)
Cantidad de tubos	10
Unión tubo tanque	Anillo de Silicona Ø 47 mm
Diámetro de conexión	15 mm (1/2" NPT)
Presión de trabajo	Atmosférica (máximo 1,5 mca)
Área bruta/de apaertura (m ²)	1,53/1,0
Peso vacío/lleño	35/167
Soldadura	Automática de Argón - Continua de contactos

Imagen 3: Características generales del calentador RENSOL 90L. Fuente: (7)

Este calentador solar tiene un costo de 2 945 pesos, teniendo en cuenta la cantidad de calentadores que se necesitan, tendría un costo de 1 295 800 pesos implementar calentadores solares en toda la residencia. La vida útil de un calentador solar es de 3 a 4 años, dando a la residencia una autonomía económica de 2 años, disminuyendo el consumo eléctrico total de la residencia estudiantil. Como destaca algunos medios oficiales del gobierno el impacto que ha tenido este tipo tecnologías es positivo al significar un ahorro de alrededor de 14 kWh/día por consumidor , lo que implica un consumo de 7 470 kWh al mes, disminuyendo considerablemente el consumo mensual total en la residencia.

Dada la disponibilidad de terreno con espacio libre en la azotea de los edificios, o en las aéreas cercanas a los edificios y que actualmente no se aprovechan, se propuso que utilizar una variante sostenible como lo son la instalación de calentadores solares ayudaría a eliminar de forma total el consumo energético actual que presenta la beca.

4. Conclusiones

El trabajo realizado por los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Eléctrica propone un proyecto para dar solución a uno de los problemas que afecta la calidad de vida del becado y al mismo tiempo contribuye al desarrollo de las fuentes renovables y la eficiencia energética, aplicando ideas innovadoras a sus problemas cotidianos. Se realizó una encuesta detectándose un problema latente; además se realizaron mediciones, determinándose un elevado consumo eléctrico por el uso irracional de

equipos inefficientes y se propuso una solución desde los conocimientos adquiridos en la carrera, donde se aprovecha un recurso en abundancia como el sol con la instalación de calentadores solares.

REFERENCIAS

- [1] Piloto Chávez, R. O., y Ruíz Acosta, V. Análisis de los desafíos para la implementación de un modelo de Economía Circular en Cuba. Revista Observatorio de las Ciencias Sociales en Iberoamérica. 2022, 3(18), 191-201.
- [2] ITEL. Economía Circular. Introducción a los Principios de la Economía Circular y de la Sostenibilidad. 2017. Obtenido de <https://www.itelspain.com/files/pagina/pdf/20170925100953.pdf>.
- [3] Kowszyk, Y. y Maher, R. Perspectivas económicas Birregionales. Estudios de caso sobre modelos de Economía Circular e integración de Objetivos de Desarrollo Sostenible en estrategias empresariales en la UE y ALC. Hamburgo, Alemania. 2018. Recuperado el 24 de julio de 2022, de https://eulacfoundation.org/es/system/files/economia_circular_ods.pdf.
- [4] Salvador, R., Taveira, J., Gomes, R., Ramos, D. y Antonio de Francisco. Economía Circular: fundamentos y aplicaciones. I Jornada Internacional de Investigación Tecnológica. Brazil: Universidad Federal Paraná. 2019.
- [5] Filgueiras Sainz de Rozas, M. L., Alberto Alvarez, E. y Elías Hardy, L. L. Experiencias en la impartición del tema sobre Economía Circular en la carrera de Ingeniería Eléctrica. Revista Ingeniería Energética, (septiembre/diciembre de 2022) 3(43). Obtenido de <https://rie.cujae.edu.cu/index.php/RIE/index>.
- [6] Gaceta Oficial. Decreto Ley 345. Política para el desarrollo perspectivo de las fuentes de energía renovable y el uso eficiente de la energía. La Habana. 2019. Obtenido de <https://www.cuba.vlex.com/vid/decreto-ley-no-345-827891569/>
- [7] Empresa de Aplicaciones Informáticas, Desoft. Portal Provincial del Ciudadano de Cienfuegos. Trámites y Servicios. Copextel Soluciones Integrales. Manual para la instalación de calentadores solares. 2019. Obtenido de: <https://www.cienfuegos.gob.cu/es/comercializacion-de-calentadores-solares-rends-901>
- [8] Cubasolar.(2021). DrC Luis Bériz. Obtenido de <https://www.cubasolar.cu/luis-berriz/>
- [9] Cubasolar.(2021). DrC Antonio Sarmiento. Obtenido de <https://www.cubasolar.cu/antonio-sarmiento/>
- [10] Cubasolar.(2021). DrC Daniel Stolik. Obtenido de <https://www.cubasolar.cu/daniel-stolik/>

ACKNOWLEDGMENTS (NO FUNDING)

The authors acknowledge the support provided by the Thematic Network 723RT0150 "Red para la integración a gran escala de energías renovables en sistemas eléctricos (RIBIERSE-CYTED)" financed by the call for Thematic Networks of the CYTED (Ibero-American Program of Science and Technology for Development) for 2022.

Los autores agradecen el apoyo brindado por la Red Temática 723RT0150 "Red para la integración a gran escala de energías renovables en sistemas eléctricos (RIBIERSE-CYTED)" financiada por la convocatoria de Redes Temáticas del CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) del año 2022.