



REVISTA CIENTÍFICA TRIMESTRAL DE CUBASOLAR

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

**76**

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. 76 / 2021

Revista científica de las  
fuentes renovables de energía  
abr.-jun., 2021  
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**

**ANÁLISIS DE LAS FUENTES RENOVABLES FOTOVOLTAICA,  
EÓLICA Y BIOMASA, CONSIDERANDO IGUAL ENERGÍA PRODUCIDA.....3**  
Jorge Lodos Fernández y Elena Vígil Santos

**ASPECTOS PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DE CALENTADORES SOLARES.....9**  
George Aguilera Proenza

**INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS PARA LA PROSPECCIÓN DE AGUA MINERAL NATURAL,  
EN ROCAS OFIOLÍTICAS AL SUR DE LA SIERRA DE CUBITAS, CAMAGÜEY 21**  
Gumersindo Abelardo Aróstegui

**REFLEXIONES SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR Y CADENAS CORTAS DE VALOR  
DESDE LA EXPERIENCIA DEL PROYECTO BIOMÁS CUBA.....26**  
Leidy Casimiro Rodríguez y Madelaine Vázquez Gálvez

**PROYECTO DE AZOTEA VERDE EN LA PUERTA ROSA, LA HABANA.....29**  
Lisan Siverio Valle, Miriam Marcela González Hernández, Jean Fugère  
y Ernesto Yoel Fariñas Wong

**APLICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ELECTRO ENERGÉTICO.  
HOTEL TRYP CAYO COCO.....37**  
Arnaldo Molina González, Celia Sánchez Borroto, Mayelín Cruz Hidalgo, Aleksey  
González Dugareva y Dayton Hernández Tamayo

editorial  
cubasolar

# ANÁLISIS DE LAS FUENTES RENOVABLES FOTOVOLTAICA, EÓLICA Y BIOMASA, CONSIDERANDO IGUAL ENERGÍA PRODUCIDA

Por **D. C. Jorge Lodos Fernández\*** y **Dr. C. Elena Vigil Santos\*\***

\*Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca), Carretera Central y Vía Blanca, Guanabacoa, La Habana.

E-mail: jorgelodos@ceniai.inf.cu

\*\* Facultad de Física. Instituto de Ciencia y Tecnología de Materiales. Cátedra de Energía Solar, Universidad de La Habana, Colina Universitaria, La Habana.

E-mail: evigil@fisica.uh.cu

## Resumen

Se analizan el factor de capacidad, la inversión, el costo del kWh y la productividad del terreno en las fuentes renovables de energía (FRE) biomasa cañera, eólica y fotovoltaica, referidos a la electricidad vendida. El reembolso del préstamo para la inversión se realiza en 10 o 25 años. Se concluye que la inversión por kW equivalente es casi el doble en las FRE fotovoltaica y eólica; por su bajo factor de capacidad, algo poco discutido anteriormente, la FRE biomasa produce casi el doble de energía con la misma inversión; que el costo del kWh, incluyendo el reembolso de la inversión y su interés en 10 años es similar y algo menor de 10 ¢USD en las FRE fotovoltaica y biomasa; y que, si se reembolsa el préstamo en 25 años, el costo del kWh fotovoltaico y eólico es 40–30 % menor, respectivamente, respecto al de la FRE biomasa. La productividad por área de la fotovoltaica es veinte veces mayor que la de biomasa por la baja eficiencia de conversión de la energía solar por las plantas. La fotovoltaica y la eólica no son «despachables» por su variabilidad, mientras que la FRE biomasa lo es.

*Palabras clave:* Fuentes renovables de energía, fotovoltaica, eólica, biomasa.

---

## ANALYSIS OF WIND, PHOTOVOLTAIC AND BIOMASS RENEWABLES WHEN PRODUCED ENERGY IS THE SAME

### Abstract

Capacity factor, investment, kWh cost and land productivity referred to energy produced are compared for cane biomass, wind and photovoltaic energies. Loan reimbursement and its cost are calculated for 10 and 25 years extension periods. Wind and photovoltaic investment referred to exported kW is almost twice that for biomass, something discussed insufficiently before. Biomass produces almost twice the energy others renewables produce with the same amount of invested money. kWh cost, including 10 years loan and its interest rate reimbursement are very similar for biomass and photovoltaic, a bit lower than 10 ¢USD. When the loan is reimbursed in 25 years, photovoltaic and wind kWh costs are 40 – 30 % lower, respectively, than for biomass. Photovoltaic area productivity is 20 times higher than for biomass energy, because of the low conversion efficiency of solar radiation into biomass. Photovoltaic and wind energies are not “dispatchables” as biomass is, because the power they provide fluctuates.

*Keywords:* Renewable energy, photovoltaic, wind energy, biomass.

---

### 1. Introducción

Son varios los países que actualmente establecen planes para lograr una infraestructura energética basada en fuentes renovables de energía con el objetivo de eliminar las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el CO<sub>2</sub> proveniente de los combustibles fósiles. Solo así se conseguiría que la temperatura media del Planeta no se eleve por encima de 1,5 grados Celsius con respecto al periodo preindustrial. Afortunadamente, muchos han ganado consciencia del peligro en que se encuentra nuestro Planeta y en algunos casos se está imponiendo la cordura por encima de los intereses económicos existentes, los cuales han estado combatiendo el uso de las fuentes renovables de energía, no apoyando las investigaciones necesarias, retardando su uso masivo y por lo tanto, la disminución de sus costos. En Cuba, el uso de las fuentes renovables de energía resulta estratégicamente indispensable para eliminar la importación de combustible, utilizar nuestros propios recursos y poder llegar a ser energéticamente autosuficientes. Este es un gran objetivo con el cual, simultáneamente, contribuimos a la disminución de emisiones para frenar al cambio climático global. La Política para el Desarrollo de las Fuentes Renovables de Energía (FRE), aprobada en el 2014, prevé incrementar 24 % su participación en la generación eléctrica nacional. Se planifican 755 mega watt (MW) en bioeléctricas anexas a centrales azucareros, 700 MW en parques fotovoltaicos y 656 MW en parques eólicos, predominando como fuente de financiamiento la inversión extranjera [ProCuba, 2018].

Las tres FRE son necesarias y se requiere claridad sobre los distintos aspectos que deben considerarse al evaluar su instalación y uso. No es fácil analizar estas fuentes, porque las bases de cálculo utilizadas comúnmente para ello, por ejemplo, para definir el valor de la inversión unitaria y el costo del kilowatt hora (kWh), no coinciden [Bérriz, 2020].

Debe destacarse que el análisis que se realiza no considera el gasto medioambiental evitado al eliminar los serios daños que los combustibles fósiles causan a la salud de los seres humanos y a la naturaleza. Tampoco se analiza el ahorro que las FRE producen al evitar el gasto de combustible fósil en las termoeléctricas, que es el mismo para cualquiera de las tres FRE, y depende de los precios del petróleo en el mercado.

El objetivo del trabajo es analizar la producción de electricidad fotovoltaica, eólica y de biomasa cañera, sobre bases comunes y la experiencia cubana, fundamentalmente.

### 2. Materiales y métodos

La discusión de la producción de electricidad renovable se hace para grandes instalaciones, que entregan la electricidad al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) a la salida del generador. En todos los casos, la fundamentación, negociación, ejecución y puesta en marcha de la inversión se realiza en dos años, su vida útil es 25 años y no se considera el pago del impuesto sobre las utilidades; tampoco, ingresos por recuperación o venta de equipos al finalizar la vida útil de la planta. Para ejecutar la inversión se recibe un préstamo, que se reembolsa en montos iguales durante

10 años, que es un plazo posible para ello, o 25 años, que se corresponde con la vida útil de la instalación. El costo del financiamiento (interés) será solo 5 % de la deuda existente en cada momento. Como la deuda se va reduciendo con cada reembolso, también se reduce la magnitud del interés a pagar. Para simplificar el análisis, se «normalizará» el pago del interés, sumando todos sus valores y dividiéndolos por 10 o 25 años, según corresponda. Cada año se pagará una cantidad igual, que incluirá el reembolso del préstamo y el pago «normalizado» de su interés. Todos los datos se expresan en moneda total como dólares de los EE.UU. (USD).

En el análisis se utilizarán cuatro indicadores:

1. Factor de capacidad.
2. Inversión por kilowatt (kW).
3. Costo total del kWh.
4. Productividad del área vinculada al generador.

El factor de capacidad es el porciento que la potencia entregada al SEN u operacional, representa de la potencia nominal de la instalación. Todas las instalaciones tienen algún consumo propio y un tiempo perdido por diversas causas, por lo que la potencia operacional sea inferior a la nominal. En el caso de las FRE fotovoltaica y eólica, además, la variabilidad de la radiación solar y del viento hace que se defina la potencia «nominal» para condiciones normalizadas preestablecidas, por ejemplo, el «Watt pico» (Wp) para la fotovoltaica. En esos casos, la *potencia operacional* es la que entregaría al SEN igual cantidad de energía generada, pero de forma continua.

La inversión, a los efectos del análisis, será la necesaria para disponer de un kW de potencia operacional. No incluirá la conexión al SEN, que depende de las ubicaciones de la instalación y del centro conector.

El costo del kWh frecuentemente, se asocia solo a su costo de operación y mantenimiento, que existe durante toda la vida útil de la instalación. Sin embargo, en el caso de la fotovoltaica es frecuente incluirle también la recuperación de la inversión. A los efectos de uniformar el análisis, se considerarán tres componentes del costo total del kWh: 1. El costo de operación y mantenimiento, 2. El componente asociado a reembolsar el préstamo necesario para la inversión y 3. El costo del préstamo, equivalente al interés que exige el prestamista. Los ingresos por la venta de la electricidad deben cubrir, como mínimo, estos tres componentes del costo durante el plazo de reembolso del préstamo de 10 o 25 años.

La productividad del área, en el caso de la biomasa cañera, incluye el área de la instalación y la nueva área de biomasa (caña) «energética», sembrada especialmente para producir energía cuando la fábrica de azúcar no procesa caña azucarera. No incluye el área sembrada de caña azucarera, para producir azúcar, cuyo bagazo es un subproducto y su costo se incluye en el costo del kWh. En el caso de los parques eólicos y fotovoltaicos, se refiere al área que ocupan los aerogeneradores y paneles fotovoltaicos, respectivamente.

### 3. Resultados y su discusión

#### 3.1. El factor de capacidad

El factor de capacidad de la FRE biomasa cañera se calculó para la Empresa Mixta «Biopower», que inicio su operación en el 2020 con una potencia nominal de 62,0 MW, 5 de los cuales se emplean en operar la propia instalación. Biopower, por paradas por mantenimiento, por ejemplo, vende anualmente 95 % de los 57 MW restantes (54,2 MW). De esa manera, el factor de capacidad de la FRE biomasa cañera es 87,4 % (54,2/62,0).

El Centralal que se vincula Biopower podía vender al SEN, cogenerando, hasta 5400 MWh/año. Biopower venderá 474 400 MWh/año, casi noventa veces más (54,2 MW x 8760 horas al año). (Debe estar claro que una bioeléctrica no es la instalación de una fábrica de azúcar o central que cogenera).

El factor de capacidad de la FRE eólica debe estar entre 22 y 35 % [Moreno, 2007, pág. 171]. Un parque eólico real de 10 MW nominales vende 26,28 MWh/año, equivalente a una potencia operacional de 3,0 MW con un factor de capacidad de 30,0 % [Moreno, 2007, pág. 220]; valor que se utilizará, reportado también para un parque de 51 MW [Delgado, 2013].

El factor de capacidad de la FRE fotovoltaica pudiera ser 15,5 %, al definir que 1 kWp produce 1360 kWh anuales en las condiciones de Cuba (1360 kWh / 8760 horas al año) [Stolik, 2019, pág. 231]. En un trabajo reciente se reevalúa el nivel de radiación solar en Cuba a 1440 kWh (factor de capacidad 16,4%) [Stolik, 2020], que se utilizará en el análisis.

En la Figura 1 aparecen los valores de factor de capacidad según lo discutido anteriormente.

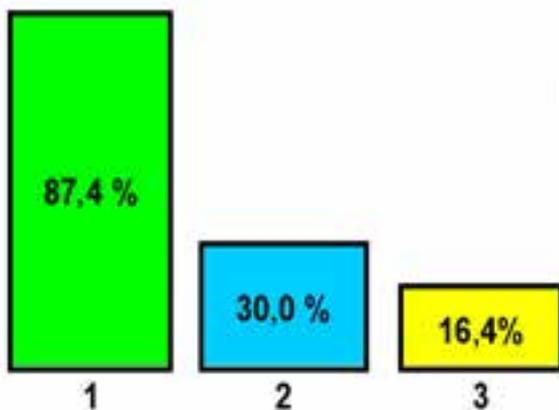


Fig. 1. Factor de capacidad.  
1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

#### 3.2. La inversión unitaria operacional

La inversión de Biopower, que opera en zafra con bagazo y fuera de zafra con caña «energética», fue de 173,15 millones de USD (MMUSD), que incluye 31,6 % en construcción y montaje; 42,1 % en equipos, 15,0 % en gastos previos; prueba, arranque e intereses durante la ejecución, y 11,4 % para desarrollar 8933 ha de caña energética [Lodos, 2019]. Los cañeros reembolsan el préstamo para de-

sarrollar la caña energética en 10 años, con un descuento en el precio de la venta a la Bioeléctrica. Esta caña permite un uso más intensivo de la misma tecnología, equipos y trabajadores que la caña azucarera, es más productiva y requiere menos insumos. Con esa inversión Biopower entrega al SEN 54,2 MW y su inversión operacional unitaria será 3196 USD/kW (173,15 MMUSD / 54,2 MW).

La inversión en un parque eólico de 51 MW en equipos es de unos 90 MMUSD. Cuando se le suman la construcción, montaje, gastos previos, prueba, arranque e intereses durante ejecución, y las inversiones inducidas, puede llegar a 106 MMUSD y más. Las inversiones inducidas pueden ser importantes y costosas, como manipular y transportar grandes pesos y volúmenes con equipos especiales; y hacer los caminos para eso [Delgado, 2013]. Con esa inversión, considerando el factor de capacidad de 30 %, el parque eólico entrega al SEN 15,3 MW (30 % de 51 MW) y la inversión unitaria nominal será 2078 USD/kW (106 MMUSD / 51 MW) y la operacional 6928 USD/kW (106 MMUSD / 15,3 MW).

La inversión en un parque fotovoltaico ha sido 1130 USD/kWp en China y Alemania [Stolik, 2019, pág. 235] y 1322 USD/kWp en el parque fotovoltaico de la Zona Especial de Desarrollo Mariel (82 MMUSD / 62 MW) [NTV, 2021]. En un trabajo reciente, se considera que en Cuba pudiera llegar a 1000 USD/kWp, incluyendo 700 USD para el costo *hard* y 30 % para el *soft* [Stolik, 2020], ambos con un alto componente en USD. Para el análisis, se consideró una inversión nominal de 1000 USD/kWp que, con un factor de capacidad de 16,4 %, implica 6098 USD/kW (1000 USD / 16,4 %) para la inversión unitaria operacional.

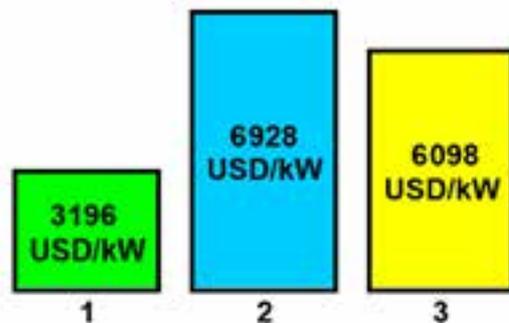


Fig. 2. La inversión unitaria.  
1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

En la Figura 2 aparecen los valores de inversión unitaria operacional, según lo discutido. Llama la atención que el valor de las FRE fotovoltaica y eólica es del orden del doble de la biomasa, debido a su bajo factor de capacidad, un elemento importante poco cuantificado.

#### 3.3. El costo del kWh

El costo del kWh de biomasa en operación y mantenimiento (O&M) durante los primeros 10 años de producción asciende a 23,85 MMUSD. Incluye salarios y gastos de administración (6,5 %); mantenimiento (6,0 %); seguros e impuestos sobre ventas, desarrollo local, seguridad

social y otros (3,2 %), compra de bagazo (28,1 %) y de caña energética (56,2 %) [Lodos, 2019], lo que equivale a 5,03 ¢USD/kWh (23,85 MMUSD / 474 400 MWh). Este costo en los 15 años siguientes será 27,55 MMUSD, cuando es mayor el mantenimiento y el precio de la caña energética, lo que equivale a 5,81 ¢USD (27,55 MMUSD / 474 400 MWh). El promedio ponderado en 25 años será de 5,50 ¢USD/kWh. Se observa que el costo de la biomasa es 85 % del costo total de operación y mantenimiento del kWh. El aporte al costo del kWh del reembolso del préstamo para biomasa en 10 años es 3,65 ¢USD {3196 USD / (10 años x 8760 horas al año)} y de 1,46 ¢USD, si se reembolsa en 25 años. El aporte del costo financiero normalizado del préstamo para la biomasa en 10 años es 1,02 ¢USD/kWh (89 USD / 8760 horas al año) y 0,41 ¢USD/kWh, si se reembolsa el préstamo en 25 años. El costo total del kWh de biomasa, mientras se reembolsa el préstamo, será de 9,75 ¢USD (10 años) y 7,37 ¢USD (25 años). La contribución de la caña al costo indica que la Bioeléctrica que no queme residuos, bosques energéticos como la caña energética, o plagas agrícolas, como el marabú, todos de bajo costo, no será viable [Lodos, 2019].

El *costo del kWh eólico* en O&Men la experiencia española es 0,011 € (~ 1,3 ¢USD/kWh). Incluye el alquiler del terreno (16 %), el gasto administrativo (13 %), el pago de seguros e impuestos (14 %) y el costo de mantenimiento, insumos y otros salarios (57 %) [Moreno, 2007, pág. 217]. En los EE.UU. este costo, incluyendo sus componentes fijos y variables, fue 1,31 ¢USD [Stolik, 2019, pág. 247], aun cuando en algunos países, Alemania, por ejemplo, llega a 3 ¢USD [Moreno, 2017]. Para el análisis, se tomó el menor valor de 1,30 ¢USD/kWh. El aporte al costo del kWh del reembolso del préstamo para la inversión en 10 años es 7,91 ¢USD {6928 USD / (10 años x 8760 horas al año)} y 3,16 ¢USD para 25 años. El aporte del costo financiero normalizado en 10 años es 2,17 ¢USD/kWh (190 USD / 8760 horas al año) y 0,86 ¢USD/kWh en 25 años. El costo total del kWh eólico, mientras se reembolsa el préstamo, será 11,38 ¢USD (10 años) o 5,32 ¢USD (25 años).

El *costo del kWh fotovoltaico*, frecuentemente, incluye el reembolso de la inversión distribuido entre toda la vida útil de la instalación, lo que complica el análisis [Stolik, 2019, págs. 228-230]. Diferenciar el costo de operación y mantenimiento del reembolso y ajustarlo a 10 y 25 años, es imprescindible para poder realizar el análisis. Este costo tiene que ser inferior al del kWh eólico (1,30 ¢USD), porque la FRE eólica tiene un mayor mantenimiento al tener partes móviles (los aerogeneradores). Se tiene como referencia 1,01 ¢USD/kWh, como costo de operación y mantenimiento en los EE.UU. [Stolik, 2019, pág. 247]. En esa misma fuente se acepta 1,31 ¢USD para el kWh eólico y 4,94 ¢USD para el de biomasa, costos muy similares a los utilizados en este trabajo.

El aporte al costo del kWh del reembolso del préstamo para la inversión en 10 años es 6,96 ¢USD {6098 USD / (10 años x 8760 horas al año)} y 2,78 ¢USD, si se reembolsa en 25 años. El aporte del costo financiero normalizado en 10 años es 1,91 ¢USD/kWh (167 USD / 8760 horas al año)

y 0,76 ¢USD/kWh en 25 años). El costo total del kWh fotovoltaico, mientras se reembolsa el préstamo, será 9,88 ¢USD (10 años) o 4,55 ¢USD (25 años).

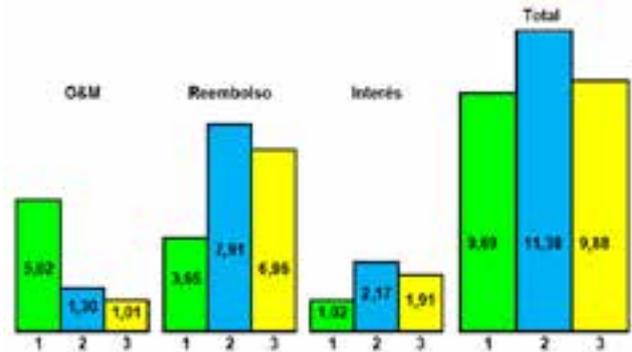


Fig. 3. Costo del kWh con reembolso en 10 años en ¢USD. 1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

En la Figura 3 se resume, para las tres FRE, el costo total del kWh desagregado en sus tres componentes, para el caso del reembolso del préstamo en 10 años.

Cuando se considera el pago del reembolso y del costo del préstamo para la inversión en 10 años, los costos totales del kWh de las FRE fotovoltaica (9,88 ¢USD) y de biomasa (9,69 ¢USD) son similares, mientras que el eólico se aleja un poco (11,38 ¢USD). Este cuadro cambia significativamente cuando el análisis se extiende a 25 años.

En la Figura 4 se resume, para las tres FRE, el costo total del kWh desagregado en sus tres componentes, para el caso del reembolso del préstamo en 25 años.

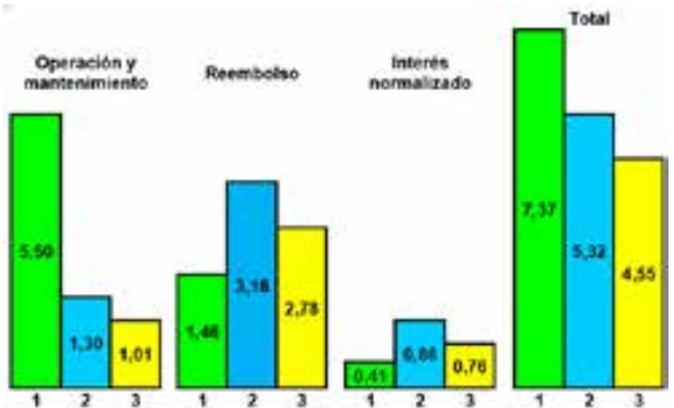


Fig. 4. Costo del kWh con reembolso en 25 años en ¢USD. 1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

En este caso, predomina la influencia del costo de operación y mantenimiento, que es 5,50 ¢USD/kWh para biomasa, de cuatro a cinco veces superior al costo del kWh fotovoltaico (1,01 ¢USD/kWh) o eólico (1,30 ¢USD/kWh). El costo total del kWh de biomasa (7,37 ¢USD) también es superior al costo del kWh fotovoltaico (4,55 ¢USD) o eólico (5,32 ¢USD). Evidentemente, las ventajas económicas de la FRE fotovoltaica y, en menor grado, de la FRE eólica, se manifiestan claramente a plazos mayores de 10 años.

El plazo de 10 años también significa mucho para el análisis cuando se trata de maximizar la producción de electricidad a corto plazo, para una misma disponibilidad

de dinero. En otras palabras, si se tienen, por ejemplo, 173 MMUSD para invertir en FRE, que fue la cifra para la Bioeléctrica «Biopower», y se necesita con urgencia electricidad en los próximos 10 años; con biomasa se obtiene algo más de 54 MW operacionales, mientras que, con fotovoltaica y eólica, apenas se llega a la mitad, con un costo similar del kWh en esos años. No obstante, para que esta ventaja se materialice, se necesita disponer de biomasa abundante, barata y garantizada durante 10 y más años, lo que puede convertirse en un problema. Las ventajas económicas de la FRE fotovoltaica y eólica se manifiestan a plazos mayores de 10 años.

### 3.4. La productividad del área

La *productividad del área de Biopower* se obtiene dividiendo 474 400 MWh producidos anualmente entre 8940 ha (8933 ha de caña energética y 7 ha de área industrial) y es igual a 5,3 kWh/m<sup>2</sup>.

La *productividad del área de la FRE eólica* depende de la separación entre aerogeneradores, que es 50 a 150 m<sup>2</sup>/kW nominal, siendo 125 lo más aceptado [Moreno, 2007, pág. 263]. De esa manera, la productividad es 21,0 kWh/m<sup>2</sup> {(0,30 x 8760 horas al año) / 125 m<sup>2</sup> por kW}.

La *productividad del área de la FRE fotovoltaica* es 100 kWh/m<sup>2</sup> (1 MM MWh/año en 10 km<sup>2</sup>) [Stolik, 2019, pág. 55], similar al 97 kWh/m<sup>2</sup> del Parque fotovoltaico Mariel (114 000 MWh / 118 ha).

En la Figura 5 se resume la productividad del área de las tres FRE. Se aprecia que para la biomasa esta es veinte veces inferior a la fotovoltaica y cuatro veces menor que la eólica, debido a la baja eficiencia de las plantas en convertir la luz solar en masa vegetal.

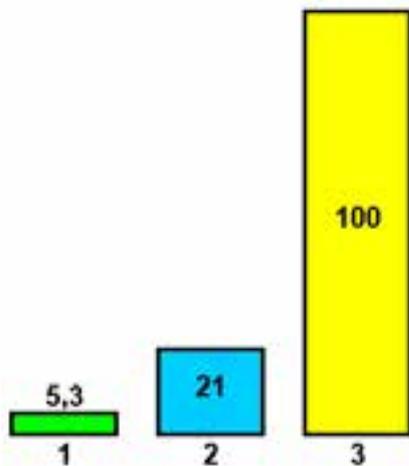


Fig. 5. Productividad del área en kWh/m<sup>2</sup>.

1. Biomasa. 2. Eólica. 3. Fotovoltaica.

### 3.5. Ventajas y desventajas adicionales de las FRE

La principal ventaja adicional de la biomasa es poder producir mucha electricidad en forma continua todo el tiempo, lo que la hace «despachable». Sus principales desventajas son necesitar grandes volúmenes de biomasa, alto mantenimiento y consumo de agua, así como vigilar la calidad

del humo que emiten para evitar que contamine el medioambiente.

Las ventajas adicionales de la eólica son disponibilidad del portador; rápida conversión en electricidad; ejecución por etapas añadiendo aerogeneradores y, prácticamente, no utiliza agua ni contamina al medioambiente. Como desventajas: necesita áreas con vientos apropiados, es discontinua, poco predecible y no «despachable». También es desventajoso el posible rechazo de la comunidad por afectar el paisaje, interferir las comunicaciones y producir efectos ópticos y ruido molestos; lo que obliga a alejarla a más de 350 m de las áreas habitadas. El vuelo de las aves migratorias puede afectar, pero se intenta ubicarla fuera de sus rutas [Moreno, 2007, págs. 258 a 264].

Las ventajas adicionales de la fotovoltaica son: disponibilidad del Sol, rápida conversión en electricidad, reducción potencial de las pérdidas por distribución, sin partes móviles, ejecución por etapas añadiendo paneles, silenciosa, fácil de instalar, sin riesgo tecnológico y prácticamente no utiliza agua ni contamina al medioambiente. Se reporta [Stolik, 2020] que es la de más rápido crecimiento en el mundo, el doble de la eólica y decenas de veces más que la biomasa, y que su costo continuará disminuyendo al aumentarla potencia y eficiencia de sus instalaciones. Su desventaja es que genera corriente directa, discontinua, poco predecible y no «despachable» [Stolik, 2019, págs. 86 a 93].

## 4. Conclusiones

1. Las tres FRE analizadas, biomasa cañera, eólica y fotovoltaica, son recomendables y factibles para nuestro País, se complementan y deben introducirse.
2. En el análisis de las FRE es imprescindible tomar en consideración en el costo de la inversión y del kWh, la energía eléctrica que entregan al SEN, que no está dada por la potencia nominal sino por la operacional.
3. Las FRE fotovoltaica y eólica tienen una alta inversión por kW operacional, ya que su intermitencia determina su bajo factor de capacidad, elemento fundamental no cuantificado usualmente.
4. El costo del kWh de las FRE fotovoltaica y biomasa cañera es similar en los primeros 10 años de operación considerando el reembolso del préstamo y sus intereses. En ese plazo, la FRE basada en biomasa produce, aproximadamente, el doble de energía con la misma inversión, siempre que la biomasa esté garantizada.
5. Cuando el análisis se extiende a 25 años, la fotovoltaica es la mejor opción, seguida de cerca por la eólica. En ese caso, el costo del kWh fotovoltaico es algo menor que el eólico, y significativamente menor que el de biomasa. La dificultad radica en conseguir un préstamo con reembolso a más de 10 años.

6. La productividad por área de la FRE fotovoltaica es veinte veces mayor que la de biomasa por el relativo bajo aprovechamiento de la energía solar por el reino vegetal.

## 5. Referencias bibliográficas

BÉRRIZ PÉREZ, LUIS (2020). «Las unidades de medida y las estadísticas en el futuro desarrollo energético del país»,

- en *Energía y Tú* (92): octubre-diciembre, 2020, págs. 4-9. ISSN 1028-9925.
- DELGADO GONZÁLEZ, MARÍA DEL CARMEN Y GUILLERMO LEIVA VIAMONTE (2013). «Organización general del proyecto del Parque Eólico de 51 MW La Herradura 1» en *Eco Solar* (44): abril-junio, 2013, págs. 52-60. ISSN 1028-6004.
- LODOS FERNÁNDEZ, JORGE, ELENA VIGIL SANTOS Y RICARDO CAMPO ZABALA (2019). «Estrategia para suministrar energía renovable todo el año a países cañeros» en *Eco Solar* (69): julio-septiembre, 2019, págs. 29-33. ISSN 1028-6004.
- MORENO FIGUEREDO, CONRADO; JOSÉ MARTÍNEZ ESCANAVERINO, GUILLERMO LEIVA VIAMONTE, ALFREDO ROQUE RODRÍGUEZ ET AL. (2007). *Diez preguntas y respuestas sobre energía eólica*. La Habana: Ed. Cubasolar, 2007. 335 pp. ISBN 978 959-7113-34-8.
- MORENO FIGUEREDO, CONRADO (2017). «Operación y Mantenimiento de Parques Eólicos II Parte» en *Energía y Tú* (79): julio- septiembre, 2017, págs. 15-17. ISSN 1028-9925.
- NTV (2021). «Reportaje sobre la Zona Especial de Desarrollo Mariel en la emisión del primero de enero del 2021 del Noticiero estelar de la Televisión Cubana».
- PROCUBA. Centro para la promoción del Comercio Exterior y la Inversión Extranjera. <https://www.procuba.cu/cartera-de-oportunidades.pdf>, consultado en julio de 2020.
- STOLIK NOVYGRAD, DANIEL (2019). *Energía fotovoltaica para Cuba*. La Habana: Ed. Cubasolar, 2019. 533 pp. ISBN: 978-959-7113-56-0.
- STOLIK NOVYGRAD, DANIEL. Comunicación personal de julio del 2020: «Sobre estrategia FV para Cuba».

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021.

# ASPECTOS PRÁCTICOS DE LAS INSTALACIONES DE CALENTADORES SOLARES

Por Ing. **George Aguilera Proenza\***

\*Copextel División Holguín.

E-mail: george@holguin.copextel.com.cu, gaprenovable@gmail.com

## Resumen

Partiendo de más de 10 años de experiencia en el diseño e instalación de calentadores solares se realiza una valoración sobre los errores más comunes vistos en instalaciones existentes, así como aspectos prácticos buenas prácticas a tener en cuenta en el proceso de diseño y montaje de estos sistemas; se comparan además algunas de las características a consideración del autor poco tratadas sobre las diferentes tecnologías de calentadores solares existentes en Cuba.

*Palabras clave: Calentadores solares, eficiencia, termosifón.*

---

## PRACTICAL ASPECTS OF SOLAR HEATER INSTALLATIONS

### Abstract

Based on more than 10 years of experience in the design and installation of solar heaters, an assessment is made of the most common errors seen in existing installations, as well as practical good practices to take into account in the design and assembly process of these systems. In addition, some of the characteristics under consideration by the author are compared little treated about the different technologies of solar heaters existing in Cuba.

*Keywords: Solar heaters, efficiency, thermosyphon.*

---

### I. Introducción

Actualmente se utilizan muchos métodos de cálculo para el dimensionamiento de instalaciones de calentadores solares, pero es bastante común ver instalaciones con errores de montaje que en la práctica disminuyen su eficiencia y pueden afectar su correcto funcionamiento. Este trabajo aborda algunos aspectos prácticos de este tipo de fuente de energía renovable, partiendo de la experiencia de más de 10 años realizando proyectos y montajes de estos sistemas.

El trabajo se refiere a la conexión de calentadores prefabricados que funcionen por termosifón, que son los más utilizados en Cuba. Un calentador prefabricado es el que integra en una misma estructura el adsorbedor de calor y el tanque termo acumulador (Ver Fig. 1).

Así tenemos que los calentadores compactos todos son prefabricados, pero los de tubos al vacío, tubos ca-

lóricos y planos se pueden comprar prefabricados o se pueden adquirir las placas y tubos para conformarlos, fundamentalmente en sistemas de circulación forzada con tanques termo acumuladores, aunque debo decir que los de tubos al vacío y calóricos trabajando bajo este régimen no se comportan bien, siendo los mejores los planos.

Debe tenerse en cuenta que en las imágenes de conexión de los calentadores que se exponen en este trabajo se representa la conexión de los tanques termo acumuladores de calentadores prefabricados de cualquier tipo, pero no debe confundirse con las formas de conexión de las placas adsorbedoras planas, dado que, por ejemplo, un calentador plano prefabricado puede tener hasta dos placas adsorbedoras (Ver Fig. 2).



Fig. 1. Calentadores prefabricados.



Fig.2. Calentadores planos prefabricados con dos placas adsorbedoras.

## II. Desarrollo Arreglos serie y paralelo según tipos de calentadores

En muchas de las instalaciones de calentadores solares se requieren más de un calentador para cubrir la demanda de agua caliente, por lo que es necesario hacer arreglos de calentadores en serie o paralelo, o combinaciones de ambos, para esto es necesario tener en cuenta, entre otros, los criterios siguientes.

### *Calentadores en serie*

La conexión de calentadores en serie permite elevar paulatinamente la temperatura del agua dado que al primer calentador entra agua a temperatura ambiente y comienza a ser calentada, pero a partir de este a los calentadores siguientes entra agua precalentada por el

anterior; por otro lado, de esta forma como se explicará más adelante, en la mayoría de los casos solo es necesario conectar la resistencia de respaldo del calentador de salida con el consiguiente ahorro de energía convencional (Fig. 3).

La cantidad máxima de calentadores a conectar en serie no debe ser mayor de cuatro, aunque se pueden conectar hasta cinco como máximo debido a lo siguiente:

1. La eficiencia de funcionamiento de un calentador tiende a disminuir con la temperatura, o sea, que mientras mayor sea la temperatura del fluido más disminuye la eficiencia del aporte de calor del calentador al fluido y aumentan las pérdidas.

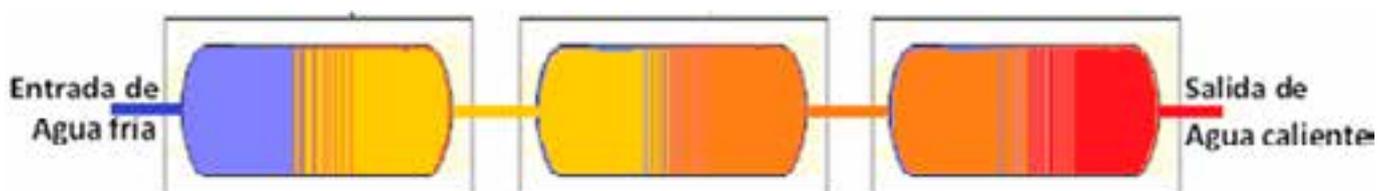


Fig.3. Calentadores compactos conectados en serie.

2. Cuando se conectan muchos calentadores en serie la temperatura se puede incrementar demasiado produciendo vapores, pero sobre todo acelerando el envejecimiento y deterioro de calentadores y tuberías.
3. Este efecto es más marcado en el caso de sistemas de circulación forzada, pero también se manifiesta en calentadores por termosifón durante el consumo de agua caliente, dado que mientras no se consume agua cada calentador funciona como una unidad independiente, calentando solo el agua que tiene almacenada.

La conexión en serie permite elevar más la temperatura pero el caudal de agua total que permite el sistema es el mismo que el de un solo calentador, o sea, cuando se requiere asegurar caudales de agua mayores este tipo de conexión está limitado; también la caída de presión es igual a la suma de las caídas de presión de cada uno de los calentadores conectados en serie.

*Calentadores en paralelo*

La conexión de calentadores en paralelo tiene como ventaja fundamental que permite elevar el caudal de agua que aporta el sistema en una unidad de tiempo sin elevar el flujo o velocidad del agua excesivamente, dado que el caudal total será igual a la suma del caudal de todos los calentadores conectados en paralelo y la caída de presión para todo el sistema es igual a la de un calentador (Fig. 4).

La cantidad de calentadores a utilizar en paralelo no está limitada, pero debe tenerse en cuenta que al utilizar calentadores prefabricados puede ser necesario conectar todas las resistencias de respaldo, aunque esto lo analizaremos más adelante.

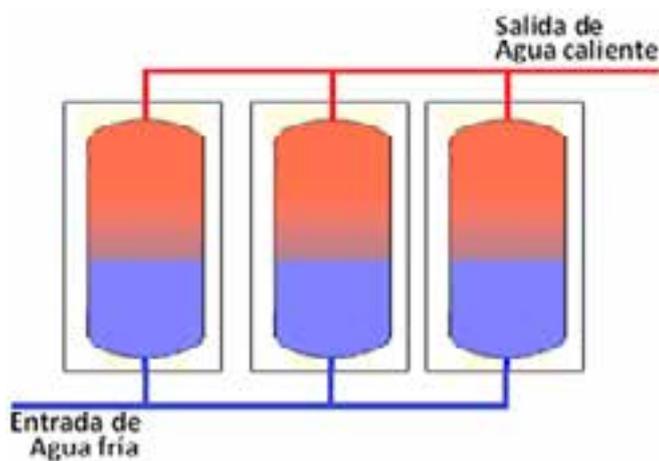


Fig.4. Calentadores conectados en paralelo.

*Arreglo serie paralelo*

Al realizar un arreglo serie-paralelo se aprovechan las ventajas de cada tipo de conexión, facilitando y logrando el buen dimensionamiento de una instalación de gran tamaño (Fig. 5).

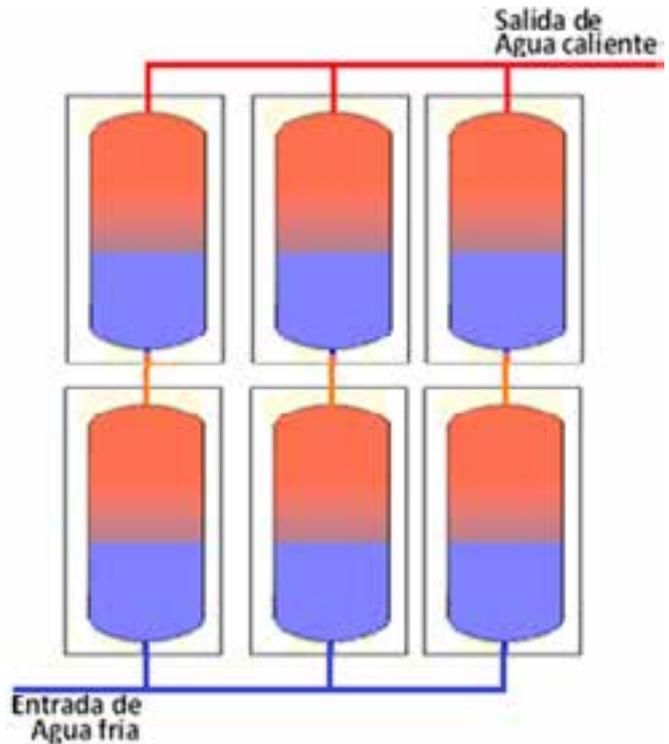


Fig. 5. Calentadores compactos conectados en un arreglo serie-paralelo.

**Compensación hidráulica**

Cuando se instala un solo calentador no hay problemas, pero si se realizan arreglos de varios calentadores conectados en paralelo, o arreglos serie-paralelo, entonces se pueden cometer errores de conexión. Las diversas formas de conexión (errores y forma correcta), se pueden apreciar en las Figs. 6-12. El siguiente es uno de los errores más comunes que he podido apreciar en las instalaciones de calentadores solares (Fig. 6).

Al conectar calentadores solares erróneamente, como se ilustra en las figuras 6 y 8, ocurre lo siguiente:

El flujo de agua que llega a la acometida de agua fría es laminar, pero al llegar al primer calentador se divide y una parte entra a este y el resto continúa al segundo calentador, por lo que el agua realiza un mayor recorrido para llegar al calentador 2, por lo que tiene cierto retraso con respecto al 1. A la salida de los calentadores en el montaje incorrecto el agua que primero llega a la acometida de salida es la del calentador 1 y la última es la del calentador 2, por lo que se aumenta aún más la diferencia en el recorrido entre los dos calentadores. Al mezclarse ambos flujos en la acometida se puede originar un flujo de agua turbulento que origina ruidos en las tuberías, pero el principal problema es que al ser diferentes los recorridos el flujo de agua a través de ambos calentadores será diferente, por lo que no calentarán igual y el agua saldrá a diferentes temperaturas, trabajarán con diferentes eficiencias y la eficiencia de la instalación completa se reduce.

Cuando se realiza una conexión correcta (Fig. 7) el flujo de agua laminar que llega al primer calentado se divide y una parte entra a este y el resto continúa al segundo calentador, por lo que el agua realiza un mayor recorrido para

llegar al calentador 2 y tiene cierto retraso con respecto al 1, pero a la salida el recorrido más corto es el del calentador 2 y el más largo el del 1, por lo que se compensa la diferencia originada a la entrada. Con esto se logra que el flujo de agua por todos los calentadores sea el mismo y que trabajen con la misma eficiencia, logrando la misma temperatura de salida del agua; al mezclarse las salidas en la acometida se logra un flujo de agua laminar sin turbulencias.

Cuando la acometida o entrada de agua fría y la salida o acometida de agua caliente llegan por lados opuestos, realizar la compensación hidráulica es sencillo, pero cuando llegan por el mismo lado es necesario realizar un lazo como se ilustra en la figura 7; para ello siempre debe lograrse que la tubería de agua caliente sea lo más corta posible para reducir las pérdidas de calor, por lo que los lazos o modificaciones necesarios se deben realizar en la acometida de agua fría.

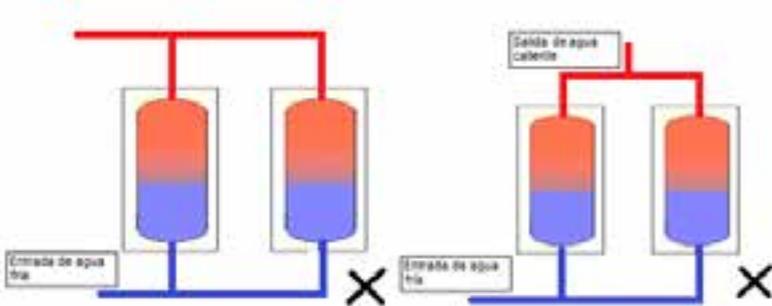


Fig.6. Conexión incorrecta.

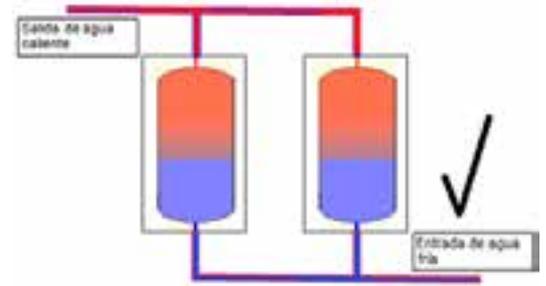


Fig.7. Conexión correcta.

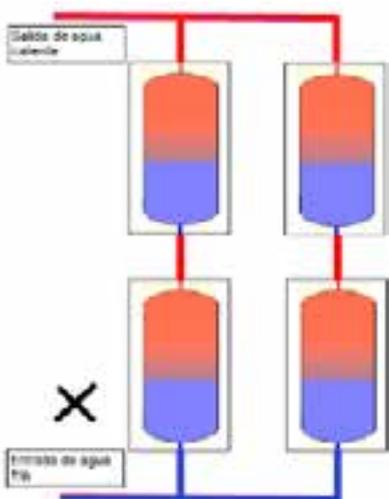


Fig.8. Conexión incorrecta.

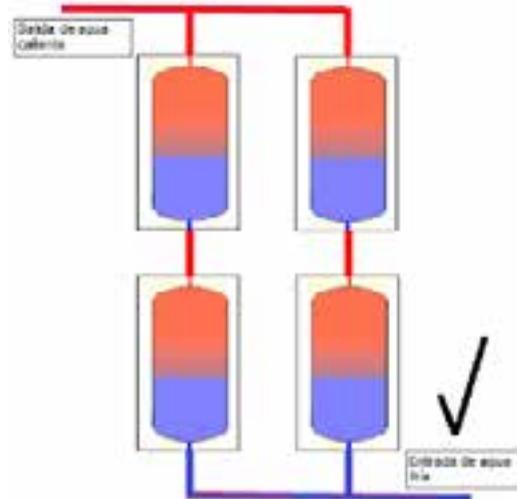


Fig.9. Conexión correcta.

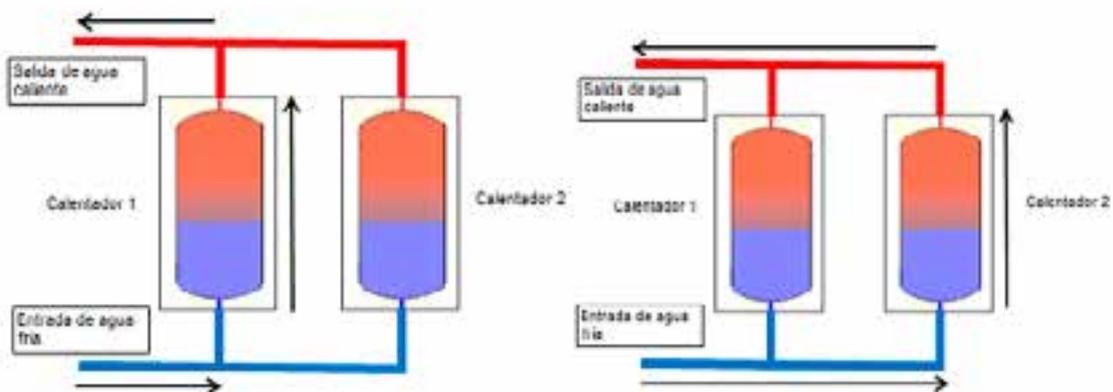


Fig.10. Recorrido del agua por cada calentador con una conexión incorrecta.

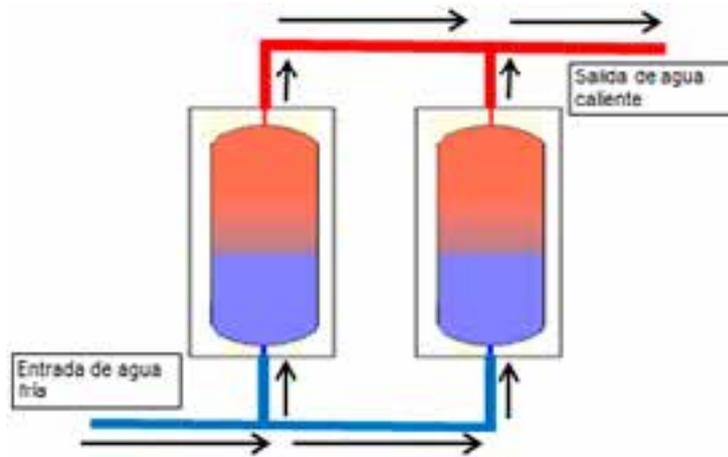


Fig.11. Recorrido del agua por cada calentador con una conexión correcta.

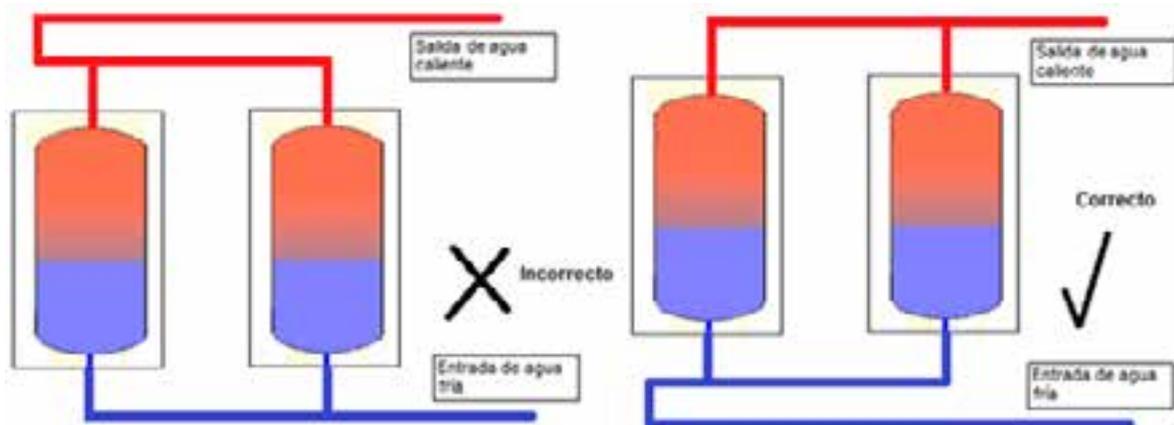


Fig.12. Lazo para lograr compensación hidráulica con las acometidas a un mismo lado.

### Conexión de resistencias de respaldo y termostatos

Cuando se instalan calentadores solares en edificaciones tales como hoteles u otras que requieren de abasto continuo de agua caliente, es necesario contar con una fuente de energía de respaldo para calentar el agua durante días nublados, picos de consumo etcétera. Las resistencias de respaldo más comunes son de 2 kW, pero existen calentadores con resistencias de respaldo de hasta 4 kW (Fig. 13).



Fig. 13. Resistencias de respaldo con termostatos para calentadores solares.

Aunque existe un sinnúmero de variantes de conexión y tipos de sistemas, además de tipos de calentadores solares, cada uno con sus características, los más comunes, en Cuba son los sistemas por termosifón con calentadores prefabricados planos prefabricados o compactos, y en cualquiera de estos casos es común ver todas las resistencias de respaldo conectadas (Fig. 14), independientemente de la configuración o arreglo utilizado, lo cual resulta un desperdicio de energía convencional en detrimento del aprovechamiento de la energía solar.

En la mayoría de los casos es suficiente conectar a la red eléctrica solo las resistencias de respaldo de los calentadores de salida de cada batería; en caso de más de dos calentadores en serie y según la demanda de agua horaria, se pueden conectar solo las resistencias de los dos últimos calentadores de cada serie.

Lo anterior se fundamenta en que cada resistencia de respaldo consume 2 kW, por tanto, si se tienen dos calentadores en serie con sus resistencias de respaldo conectadas la demanda de electricidad, sería de 4 kW/h para lograr la temperatura necesaria en días nublados; en cambio, si solamente se conecta la resistencia del calentador de salida la demanda de energía sería de entre 2 kW/h (Fig. 15).

Aun en días nublados los calentadores son capaces de, a partir de la radiación solar difusa, elevar la temperatura del agua aunque claro está a temperaturas inferiores a las de demanda, pero entonces esto significa que al calentador de salida no llegará agua fría, sino agua con cierto incremento de temperatura, y la resistencia de respaldo junto al aporte de la radiación solar difusa en este último calentador logran elevar la temperatura del agua a los valores deseados; o sea, los calentadores de entrada precalentarán el agua a partir de la radiación solar ya sea directa o difusa, y los de salida solo en caso de necesidad conectarán las resistencias de respaldo.

Lo anterior no es absoluto aunque sí se cumple en la mayoría de los casos, pero dependerá de la demanda horaria de agua caliente, por lo que debe ser estudiado por quien realice el proyecto. En el caso de que se utilicen dos

o más calentadores en paralelo se deben conectar todas las resistencias de respaldo.

Otra ventaja de conectar solo las resistencias de respaldo de los calentadores de salida es que las resistencias que no se conectan sirven de repuestos, dado que si se daña una resistencia o un termostato de un calentador de salida resulta sencillo cambiarlos por los de uno de los calentadores de entrada, restableciendo rápidamente el funcionamiento normal del sistema.

Las resistencias de respaldo eléctrico, como su nombre lo indica, tienen como función respaldar el funcionamiento del calentador cuando la radiación solar es escasa o no existe y se requiere de suministro de agua caliente, pero para que funcionen solo cuando sea necesario deben ser controladas por un termostato que asegure su conexión o desconexión en dependencia de un rango de temperaturas predeterminado (Fig. 16).

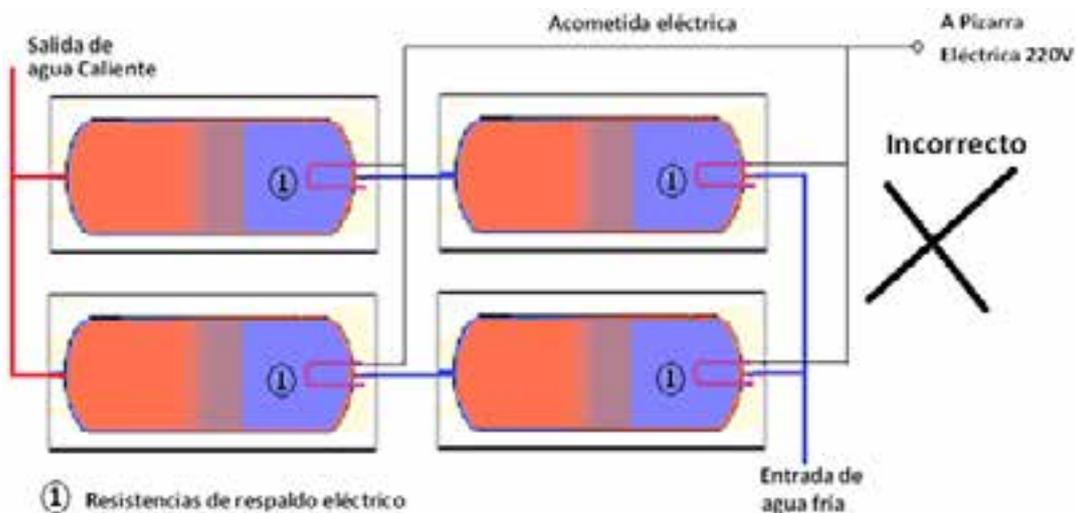


Fig.14. Batería de calentadores con todas las resistencias conectadas, originando una demanda eléctrica de 8,8 kW.

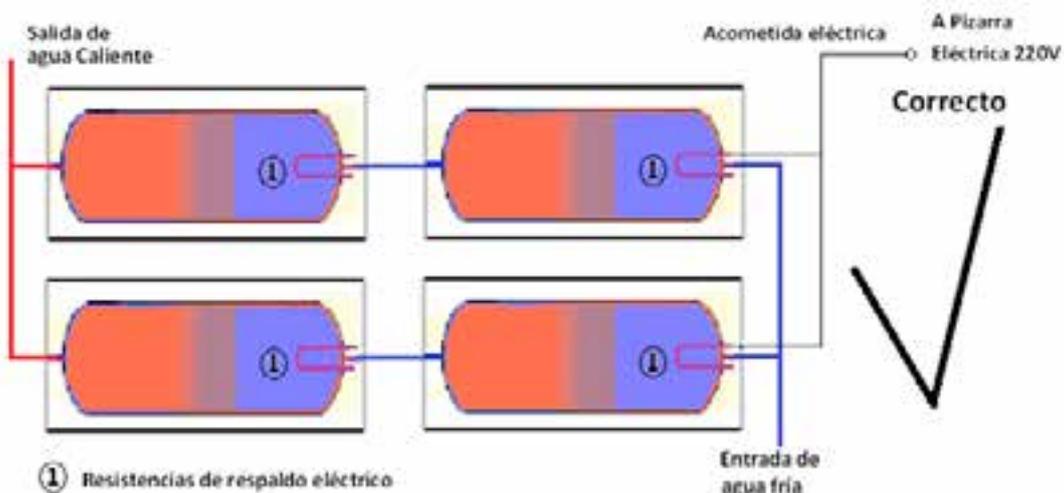


Fig.15. Batería de calentadores con solo las resistencias de los calentadores de salida conectadas, reduciendo la demanda eléctrica a la mitad (4,4 kW).

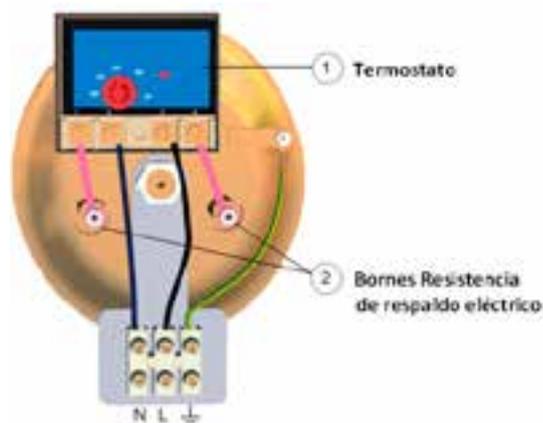


Fig. 16. Termostato integrado a resistencia de respaldo.

Como regla los termostatos se pueden regular para temperaturas de entre 30 °C y 80 °C y a menudo se encuentran instalaciones con los termostatos regulados a la temperatura máxima; esto lo hacen algunos instaladores para asegurar el suministro de agua caliente pero a costa de un gran derroche de energía y de esa forma convierten un eficiente calentador solar en un ineficiente calentador eléctrico. Lo correcto es en los casos en los que se requiere de la utilización del respaldo eléctrico, regular los termostatos a 60 °C como máximo. Aunque en la mayoría de los casos con 50 °C es suficiente.

### Áreas de montaje

Los calentadores solares se pueden instalar tanto sobre el terreno como sobre las cubiertas de edificaciones, pero lo más común es que se instalen sobre cubiertas.

En este caso es importante tener en cuenta además de la orientación y otros aspectos, el peso de los calentadores y el área que ocupan, así como sistemas de anclaje o fijación a la cubierta, los cuales valoraremos a continuación:

#### Peso de los calentadores

Cuando se trata de cubiertas de hormigón por lo general no hay problemas, pero si tenemos cubiertas de otros tipos es necesario revisar el peso que resisten y los puntos de carga, dado que no siempre es posible ubicar cargas en cualquier punto de una cubierta. Como regla en los casos más complicados se requiere contratar a un arquitecto o entidad que emita un dictamen o certificación.

Si comparamos solo los calentadores de 200 litros vemos que los planos son los más pesados superando todos los 300 kg por calentador, y el más ligero es el megasun 200 con un peso de 250 kg llenos de agua (Tabla 1).

### Área de montaje

Cuando se habla de la eficiencia de un calentador solar se refiere al aprovechamiento de la radiación solar por el área de captación, o sea, el plato adsorbedor y las pérdidas de calor de todo el conjunto, pero existe un aspecto que no se menciona y que resulta importante y es el área real que requiere cada calentador prefabricado con toda su estructura, o sea, el aprovechamiento efectivo del área disponible, si lo analizamos de esta forma todo cambia.

Normalmente se dice que los más eficientes energéticamente hablando son los de tubos calóricos y tubos al vacío, después están los planos y en último lugar los compactos, pero si analizamos el área efectiva que requiere cada uno de ellos nos damos cuenta de que no es así (Tabla 2).

Tabla 1. Características de los calentadores de 200 litros

Fabricante	Modelo	Tipo	Capacidad (Litros)	Peso en servicio (kg)	Peso vacío (kg)
Chromagen	SCOlo42 TSAH CONFORT	Plano	200	384	172
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	352	151
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	352	151
HELIOAKMI	Megasun 200	Plano	200	334	134
HELIOAKMI	Megasun 200E	Plano	200	363	163
HELIOAKMI	Compac 200	Compacto	200	296	96
HELIOAKMI	Megasun 200	Compacto	200	250	50
SunnyPower	CA-47-1525	Tubos al vacío	200	289	51,5
THERMOSOL	SP-470-58/1800-24	Tubos al vacío	200	300	100

Tabla 2. área efectiva de los diversos modelos de calentadores

Fabricante	Modelo	Tipo	Capacidad (Litros)	Superficie que ocupa ya instalado
Chromagen	SCOlo42 TSAH CONFORT	Plano	200	2,33
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	2,70
Chromagen	Perfil bajo (QR-E)	Plano	200	2,33
HELIOAKMI	Compac 200	Compacto	200	1,59
HELIOAKMI	Megasun 200	Compacto	200	1,59
HELIOAKMI	Megasun 200	Plano	200	3,89
HELIOAKMI	Megasun 200E	Plano	200	7,73
SunnyPower	CA-47-1525	Tubos al vacío	200	3,65

Como puede apreciarse, en la misma área en la que se instala un calentador compacto o uno de tubos al vacío de 200 litros, se pueden instalar dos calentadores compactos de 200 litros para un total de 400 litros de agua, por lo que, en la práctica, el calentador compacto es capaz de aprovechar mejor la radiación solar incidente sobre la superficie de montaje y resulta ser el calentador más eficiente de todos.

**Anclaje o fijación**

El anclaje de los calentadores consiste básicamente en la fijación de las patas o bases de la estructura de soporte a la cubierta o superficie de montaje, esto por lo general se hace utilizando expansiones mecánicas (Fig. 17).



Fig. 17. Algunas de las expansiones mecánicas más utilizadas (arriba estándar, abajo tipo espárrago).

Normalmente cuando utilizamos anclajes metálicos no realizamos ningún cálculo y utilizamos el que tengamos a mano pues resultan ser muy fuertes, pero en realidad tienen límites además de que su forma de colocación puede reducir considerablemente su resistencia, pudiendo fallar. En este caso consideraremos todos los factores necesarios para asegurarnos de que las estructuras metálicas no puedan ser desprendidas de las vigas de hormigón por fuertes vientos.

**Aspectos a tener en cuenta:**

**Distancia entre anclajes (Scr):** Al instalar un anclaje metálico, este genera un cono de compresión. Cuando instalamos varios anclajes metálicos debemos evitar que sus conos de compresión coincidan porque en este caso estamos creando una zona crítica. Si por motivos de la aplicación es necesario colocar los anclajes próximos entre sí, deberá considerarse que la resistencia individual de cada fijación es menor (Fig. 18).

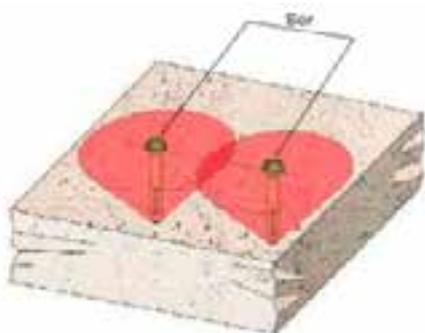


Fig. 18. Zona crítica de colocación de fijaciones metálicas.

**Distancia al borde (Ccr):** Si se instala una fijación muy próxima al borde, la fijación resistirá mucho menos que lo calculado pues el cono de compresión es menor (Fig. 19).

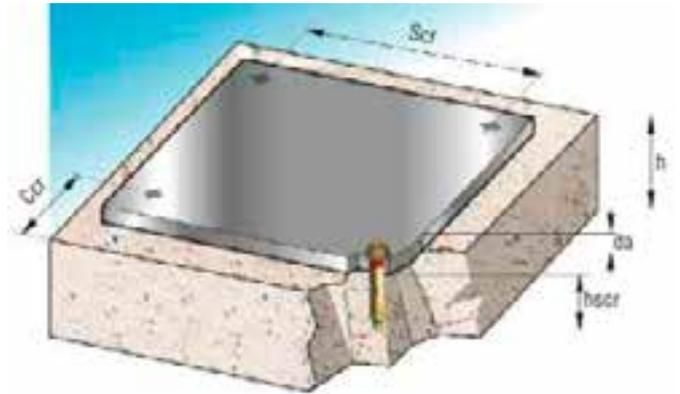


Fig. 19. Distancia hasta el borde.

**Resistencia a la tracción (FNrec) y resistencia a la cortadura (FVrec):** Se considera fuerza a tracción cuando la dirección de la fuerza que se ejerce es vertical (o tiene un ángulo de 60° respecto a la vertical) a la superficie de contacto. Se considera fuerza a cortadura cuando el sentido de la fuerza que se ejerce es paralelo, o tiene un ángulo máximo de 30° respecto a la superficie de trabajo (ver Fig. 4 y Fig. 20).

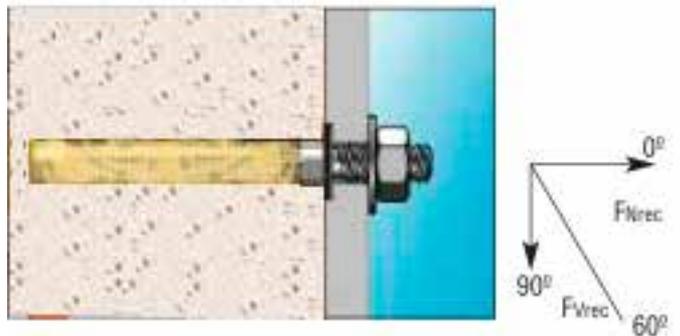


Fig. 20. Fuerzas de tracción y cortadura.

**Profundidad de empotramiento (hscr) y espesor máximo a fijar (da):** El empotramiento es la longitud del anclaje que se introduce dentro la superficie de trabajo. Los anclajes metálicos quedan fijados gracias a la presión que ejercen sobre el hormigón. La presión ejercida se reparte creando un cono de compresión. Como mayor sea el empotramiento, mayor será el cono de presión y mayor la resistencia a la extracción. El empotramiento y el espesor a fijar máximo son indirectamente proporcionales. Es decir, como mayor sea el espesor a fijar menor será el empotramiento.

Cuando se opta por anclar los calentadores a la cubierta de una edificación lo más recomendable es fundir bases de hormigón sobre la misma para colocar las expansiones mecánicas a dichas bases, dado que si se colocan directamente a la cubierta se corre el riesgo de dañar la impermeabilización provocando filtraciones de agua al interior de la edificación en caso de lluvias, independientemente de que las expansiones y bases de los soportes de los calentadores se pueden cubrir con algún impermeabilizante líquido para reducir el riesgo de filtración.

Aunque resulta indiscutible que el anclaje de los calentadores a una superficie les da mucho más resistencia a los fuertes vientos, en la práctica esto no siempre se hace y se opta por simplemente colocar los calentadores sobre la cubierta sin anclajes debido a que resulta más económico y no se corre el riesgo de dañar la impermeabilización.

En la práctica, según mi experiencia el mayor riesgo para un calentador solar en caso de un evento meteorológico con fuertes vientos no es la velocidad y fuerza del viento, sino la posibilidad de impacto de objetos sobre la cubierta de vidrio. La provincia de Holguín no es de las más afectadas por huracanes pero tenemos la experiencia del huracán Irma que azotó fuertemente las zonas costeras y no dañó ningún calentador solar, incluso en una instalación turística en Playa Blanca (con 26 calentadores compactos instalados), en la que los fuertes vientos arrancaron y levantaron la manta impermeabilizante de la cubierta de un *bungalow* y la volcaron sobre los calentadores, ninguno sufrió daños e inmediatamente después del huracán todos estaban funcionando normalmente.

El calentador solar compacto es el más resistente de todos debido a que tiene incluso la posibilidad de ser instalado acostado sobre la cubierta sin ningún tipo de fijación o anclaje, y debido a su pequeña área, su forma y al peso lleno de agua de 250 kg resultan casi inmunes a los fuertes vientos.

#### Incrustaciones

Una incrustación es la acción y el efecto de cubrirse una superficie con una costra mineral, precipitada a partir de sustancias disueltas en el agua. Las incrustaciones más frecuentes son las de naturaleza calcárea y pueden formarse sobre cualquier superficie expuesta a aguas duras.

Las incrustaciones dependen fundamentalmente de los factores siguientes:

Contenido (cantidad y tipos) de sales disueltas en el agua.

- Índice de acidez del agua (PH).
- Temperatura.
- Presión.
- Flujo de agua.

Este es un fenómeno de gran incidencia en Cuba debido al alto contenido de sales disueltas de la mayoría de nuestras aguas, y uno de los métodos utilizados para combatir las es el empleo de ánodos de sacrificio (Fig. 21).



Fig. 21. Ánodo de magnesio (arriba nuevo, abajo agotado).

Casi todos los calentadores traen incluido un ánodo de sacrificio, que consiste en una vara de magnesio, que rodea un alambre de acero y está atornillado por general a la base o soporte de la resistencia de respaldo, pero esto no resuelve totalmente el problema y cada tipo de calentador tiene un comportamiento distinto ante este fenómeno.

#### Calentador plano

Todos traen un ánodo de sacrificio en el tanque termo que evita o reduce al mínimo las incrustaciones dentro del mismo, pero las placas absorbedoras o captadores solares quedan totalmente a merced de las incrustaciones debido a que dentro de las mismas el agua circula por una fina parrilla, por lo general de cobre, dentro de la cual es imposible colocar ánodos de sacrificio. Esta parrilla es la parte del calentador con mayor temperatura lo que acelera el proceso de incrustaciones, la circulación de agua en su interior es muy lenta ya que se origina por termosifón y al estar compuesta por tubos de cobre de muy poco diámetro se llegan a obstruir totalmente en menos tiempo (Fig. 22).

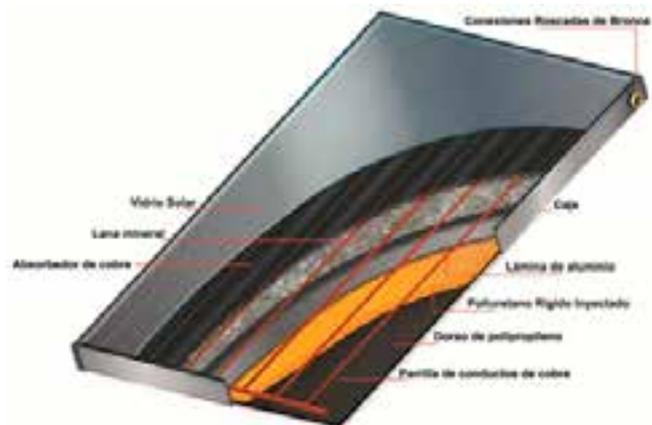


Fig. 22. Placa absorbidora o catador solar de un calentado plano.

Cuando la parrilla de tubos del captador solar se obstruye se interrumpe el termosifón y deja de circular agua por la misma, que comienza a recalentarse, el calentador continua suministrando agua caliente pero ya convertido en un calentador eléctrico, o sea, a costa de la resistencia eléctrica de respaldo, es por ello que este tipo de calentador es el más sensible a las incrustaciones y requiere de más mantenimiento periódico para mantenerlo funcionando eficientemente.

Cuando un captador esta obstruido por las incrustaciones el primer síntoma es que al tocarlo está mucho más

caliente de lo normal, dado que toda la radiación solar que recibe se comienza a irradiar al no poder trasmitirla al agua. La recuperación de estos captadores una vez incrustados solo se puede realizar con el empleo de químicos, pero es muy trabajosa, requiere desmontar el calentador emplear bombas de agua especiales y resulta cara, por lo que siempre es mejor tratar de prevenirlas o disminuirlas.

Se han obtenido buenos resultados mediante el empleo de magnetizadores de agua que reducen grandemente las incrustaciones, y un mantenimiento periódico con la circulación de agua a presión mediante bombas destinadas a tal efecto.

En este trabajo solo abarcamos los calentadores prefabricados. En la práctica los captadores planos cuando se utilizan en sistemas de circulación forzada reducen grandemente su velocidad de incrustación debido a que se mantiene un mayor flujo de agua que arrastra los cristales de sales cuando comienzan a formarse.

#### *Calentadores de tubos al vacío*

Cuando estos calentadores se empezaron a utilizar en Cuba se creía que eran inmunes a las incrustaciones, pero la práctica demostró todo lo contrario. Este tipo de calentador alcanza temperaturas más altas dentro de los tubos de vidrio, por lo que se acelera la precipitación de sales de Calcio, Magnesio, Hierro y otras que disminuyen su solubilidad y comienzan a depositarse en el fondo de los tubos de vidrio, llegando a cubrir varios centímetros; cuando esto ocurre la zona con depósitos calcáreos se calienta excesivamente evaporando la humedad que contiene en sus poros, aumentando la presión y provocando periódicamente una especie de explosión dentro del tubo que generalmente no lo llega a romper, pero despega los depósitos calcáreos disparándolos hacia arriba por dentro del tubo, estos caen de nuevo, se vuelven a depositar y se repite el proceso. Cuando esto ocurre el tubo ya no funciona bien, pierde área efectiva y eficiencia siendo necesario en la mayoría de los casos cambiar los tubos por otros nuevos.

#### *Calentadores compactos*

Con los calentadores compactos tenemos que hacer una salvedad y es que en realidad su resistencia a las incrustaciones dependen de la calidad del mismo y por supuesto del precio.

Un calentador COMPAC 200, de los primeros que se compraban en Cuba, tenían el tanque de almacenamiento de agua que a la misma vez es el captador de calor vitrificado por dentro. Este proceso elimina los poros y la rugosidad, por lo que dificulta mucho el proceso de incrustación; además de que traen en su interior un ánodo de sacrificio, tenían otras características que lo hacían un poco más pesado que los modelos que se utilizan actualmente en Cuba (96 kg vacío, 296 kg lleno), pero también mucho más caro, cada calentador tiene un costo superior a los 1000,00 CUC.

Los modelos que se comercializan actualmente MEGASUM 200 son mucho más económicos (en el orden de los 600,00 CUC por calentador), pero los tanques termos aunque traen un recubrimiento interior no tienen la misma calidad que los anteriores.

No obstante, este tipo de calentador es altamente resistente a las incrustaciones debido a que el tanque termo

es a la vez el captador solar, y además de tener un radio bastante grande posee un ánodo de sacrificio.

Para mantener estos calentadores funcionando eficientemente durante largo tiempo, es necesario al menos una vez al año revisar el estado de los ánodos de sacrificio y cambiarlos cada vez que sea necesario. Debe tenerse en cuenta que cuando por alguna razón se perfora y rompe la resistencia eléctrica, la corriente que circula por el agua desde esta hasta el cuerpo del calentador destruye rápidamente el ánodo de sacrificio, y por lo general cada vez que se cambie una resistencia se debe reponer también el ánodo.

#### *Cheque de línea o válvulas de no retorno*

Algunos calentadores solares traen incluidos cheques de línea o válvulas anti-retorno, que tienen como objetivo mantener el fluido en una sola dirección y sobre todo cuando se utilizan sistemas por termosifón, dependiendo de las características del montaje realizado, ayudan a evitar pérdidas de agua caliente hacia el tanque de abasto de agua fría.

Existen de muchos tipos y variantes pero todas se pueden clasificar en dos grandes grupos:

*Válvula de clapeta oscilante:* una clapeta oscilante funciona como obturador y cierra el paso, por gravedad, cuando el fluido circula en dirección no deseada (Fig.23). Funcionan por gravedad, por lo que deben colocarse en una posición determinada.

*Válvula de muelle:* no es necesario que mantengan una posición determinada, pues su funcionamiento no depende de la gravedad (Fig.24).

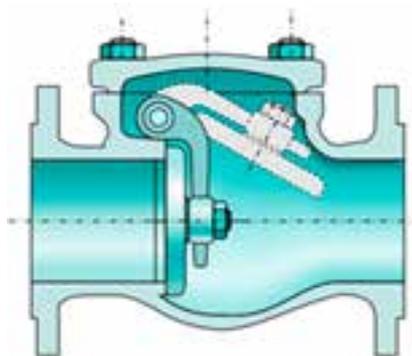


Fig. 23. Cheque o válvula de clapeta oscilante.

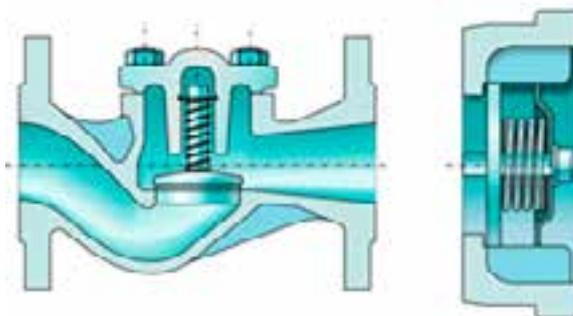


Fig.24. Cheque o válvula de muelle.

Por lo general, y sobre todo los calentadores compactos, traen incluida una válvula de resorte a la entrada de agua fría de cada calentador, por lo que requieren de cierta presión de agua por lo general superior a 1 BAR para abrirse, por lo que cuando se instalan calentadores en lugares que no utilizan hidropresores y la altura del tanque es insuficiente (tengase en cuenta que por lo general los montajes se hacen en las cubiertas, donde también están ubicados los tanques de almacenamiento de agua, por lo general a una altura máxima de 1,5 metros).

En estos casos los calentadores no funcionan debido a que no les entra el agua, por lo que tenemos tres opciones.

1. Retirar los cheques, pero en este caso se corre el riesgo de que en periodos de tiempo en los que no se esté consumiendo agua caliente, y durante horarios de sol si los calentadores alcanzan la temperatura máxima, pudiera darse el caso de que por termosifón comience a circular agua caliente hacia el tanque de abasto de agua fría perdiendo calor el agua del calentador; esto pudiera ocurrir también en la noche.

2. Estos cheques son registrables, por lo que en la mayoría de los casos es posible desmontarlos y extraer el resorte interno, de esta forma funcionan con baja presión de agua y solo se cierran si se produce un flujo inverso.

3. Cambiar los cheques por otros de clapeta oscilante, teniendo cuidado con la posición de trabajo adecuada para cada uno (vertical u horizontal según su tipo).

Una opción para elevar la presión de trabajo en los calentadores cuando son del tipo compacto es montarlos acostados en lugar de hacerlo sobre la estructura soporte que traen incluida, con esto se reduce su altura sobre la cubierta y aumenta la altura hasta el tanque de agua fría, por lo que aumenta la presión.

*Purgadores de aire o válvulas de venteo o aeración*

Los purgadores de aire tienen gran importancia en los calentadores solares y se emplean con dos objetivos:

- Evacuación de aire en el llenado o puesta en servicio.
- Purgado o expulsión continua de las bolsas y burbujas de aire que se forman durante el funcionamiento, procedentes de la desgasificación del agua y formación de vapores (Fig. 25).

Muchos fabricantes e instaladores recomiendan colocar antes del purgador unas válvulas de corte, cerrándolas una vez concluido el llenado y puesta en marcha, después solo las abren para expulsar el aire durante los mantenimientos. Lo anterior es en realidad para evitar el goteo esporádico de agua cuando existan burbujas de aire o vapor dentro del calentador y sobre todo para alargar la vida útil del purgador (Fig. 26).



Fig. 26. Válvulas de purga de aire y válvula de corte.

En lo particular no lo recomiendo dado que durante el funcionamiento también se producen burbujas de aire y vapores que atentan contra la circulación de agua por las tuberías y disminuyen la eficiencia del sistema. Un buen purgador debe ser capaz expulsar estos gases y vapores sin dejar salir el agua, a no ser algunas gotas, y luego cerrarse.

En muchos lugares donde hemos instalado calentadores solares el abasto de agua es inestable por lo que el sistema se puede quedar sin agua, y aunque se tomen



Fig. 25. Válvulas de purga de aire para calentadores solares.

medidas para evitar el vaciado total de los calentadores, cuando se restablece al abasto de agua existe una gran cantidad de aire por las tuberías que se acumula en los puntos más altos, y si los purgadores tienen una llave de corte cerrada no pueden evacuar el aire y pueden afectar el funcionamiento del sistema.

Durante la puesta en marcha de un sistema con calentadores solares se da mucho el caso de que dentro de las tuberías queden pequeños fragmentos de plástico de las propias tuberías, teflón y alguna suciedad que es impulsada por el agua hasta los puntos más altos pudiendo obstruir los purgadores haciendo que no cierren, y deban ser reemplazados en la propia puesta en marcha. Para evitar esto lo que se debe hacer es no colocar los purgadores hasta que los calentadores estén llenos de agua y salga un poco por el mismo punto de conexión del purgador, con esto es cierto que se pierde un poco de agua pero se cuida el purgador y los calentadores se llenan más rápido, reduciendo el tiempo necesario para el proceso de puesta en marcha.

### III. Conclusiones

Cada tipo de calentador solar tiene sus características que lo hacen mejor o no para determinados regímenes y condiciones de funcionamiento y la experiencia en el trabajo con los mismos ha ido determinando formas de

aprovecharlos con la máxima eficiencia durante toda su vida útil.

Este trabajo se basa fundamentalmente en experiencias personales y pueden existir otras muchas, e incluso criterios opuestos a algunos de los aquí expuestos, pero considero que puede ser de utilidad para técnicos, especialistas y en general cualquier persona que trabaje con estos sistemas.

### IV. Bibliografía

BÉRRIZ PÉREZ, LUIS y MANUEL ÁLVAREZ GONZÁLEZ (2016). *Manual de calentadores solares*. La Habana: Ed. Cubasolar. 194 pp. ISBN: 978-959-7113-49-2.

CALEFFI SOLAR (s/a). «Ficha técnica de válvula automática de purga de aire y grifo de corte para instalaciones solares». <https://www.caleffi.com>

«Documentos de Rensol y Copextel sobre calentadores solares».

«Manual de calentador solar termosifónico Chromagen» (s/a). <https://chromagen.es>

«Manuales y fichas técnicas de calentadores solares termosifónicos Chromagen, Helioakmi, Sunny Power, Thermosol, Somex y Ecosol».

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021

# INVESTIGACIONES GEOFÍSICAS PARA LA PROSPECCIÓN DE AGUA MINERAL NATURAL, EN ROCAS OFIOLÍTICAS AL SUR DE LA SIERRA DE CUBITAS, CAMAGÜEY

Por Ing. **Gumersindo Abelardo Aróstegui\***

\*Especialista para la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente. Empresa de Ciencias e Innovación de las Tecnologías del Agua (Ecita). OSDE-Gestión de las Aguas Terrestres. GIAT-INRH.  
E-mail: gumersindo.abelarde@cmg.hidro.cu

## Resumen

Las investigaciones geofísicas que se describen, se realizaron en febrero de 2019, con el objetivo de localizar agua subterránea mineral natural en zonas de fracturas dentro del macizo Ofiolítico, con vistas a su extracción y bombeo para abastecimiento de la provincia de Camagüey, el mercado turístico de la cayería del norte de las provincias orientales y para la exportación.

**Palabras clave:** Resistividad; Agua Subterránea Mineral; Zonas de fracturas; Macizo Ofiolítico.

## GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS FOR THE PROSPECTING OF NATURAL MINERAL WATER, IN OPHIOLITIC ROCKS SOUTH OF THE SIERRA DE CUBITAS, CAMAGÜEY

## Abstract

The geophysical investigations described were carried out in February 2019, with the aim of locating natural mineral groundwater in fracture zones within the Ophiolitic massif, with a view to its extraction and pumping to supply the province of Camagüey, the tourist market from the northern keys of the eastern provinces and for export.

**Keywords:** Resistivity; Mineral Groundwater; Fracture zones; Ophiolitic Massif.

## 1. Introducción

### Ubicación del sector

El área de investigación se localiza a 30 km al norte de la ciudad de Camagüey, a 1 km aproximadamente del poblado de Lesca al sur de la Sierra de Cubitas, ver figura 1.

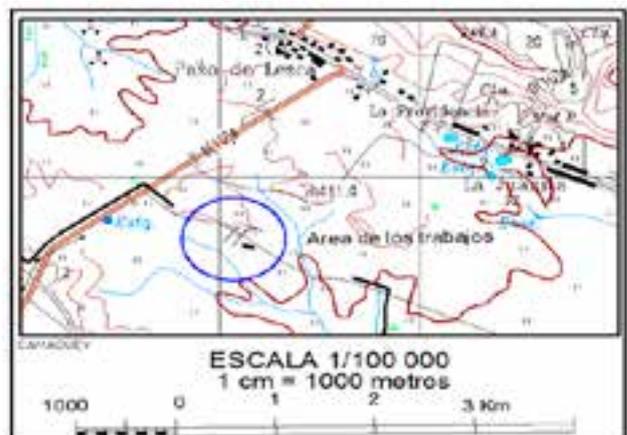


Fig. 1. Esquema de ubicación de los perfiles geofísicos.

## Trabajos geofísicos, la técnica de tomografía eléctrica de resistividad.

### Breves nociones sobre el método

El método geofísico de prospección eléctrica, en su variante de Tomografía Eléctrica de Resistividad, consiste en determinar la resistividad aparente ( $\rho_a$ , Ohm.m) de los materiales rocosos, así como su distribución en el subsuelo a partir de observaciones que se realizan en la superficie.

En condiciones de campo la resistividad aparente de las rocas se determina usando un dispositivo constituido por cuatro electrodos dispuestos en línea recta, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> (ver Figura 2). Los electrodos C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> son usados para «inyectar» corriente eléctrica al subsuelo, y se les conoce como *electrodos de corriente*.

Al hacer circular corriente a través del subsuelo se genera un campo eléctrico, que a su vez permite realizar las mediciones de la diferencia de potencial (V, mV) entre dos puntos en la superficie; con ayuda de los electrodos (P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>), estos se conocen comúnmente como *electrodos de potencial*, ver Fig. 2.

Durante la interpretación final de los datos se establece la relación existente entre la resistividad eléctrica y varios parámetros geológicos tales como la presencia de fluidos en el subsuelo, la porosidad, el volumen de agua y el contenido de minerales en las rocas.

## II. Metodología y equipamiento empleados

Los trabajos se ejecutaron en tres perfiles: dos de forma paralela con dirección S-N (pendiente sur de elevación) y el tercero con dirección W-E perpendicular a los primeros (parte Norte). Como se muestra en la figura 1, el perfil 1 tuvo una extensión máxima de 295 m; el perfil 2 con 230 m de longitud y el perfil 3 con 170 m.

La adquisición de los datos se llevó a cabo mediante el empleo de una configuración de electrodos «Polo-Dipolo», siendo necesaria la ubicación de un electrodo de corriente a una distancia suficientemente lejos del área a investigar; en nuestro caso se ubicó a 500 m en dirección al este a través del camino existente.

Se realizaron lecturas consecutivas de los parámetros corriente ( $I$ , mA) en la línea de alimentación, así como también la diferencia de potencial (V, mV) entre electrodos de

potencial para 10 niveles de profundidad. La separación máxima entre electrodos ( $a$ ) fue de 5 m, siendo la longitud máxima del dispositivo empleado igual a 50 m, lo que nos permitió alcanzar una profundidad media de estudio de: ( $h=20$  m).

El equipamiento geofísico empleado comprende un receptor de resistividad de la serie «TAYATA-2R», acoplado a un dispositivo de medición multielectrónico «DSM-24E» y a un generador «VIL-3T» de 180 volts de salida, ver figura 3.



Fig.3. Equipos de estudio y el detector de geoelectrical. Medidor de resistividad de suelo del detector de agua.

## III. Análisis de los resultados

Con el objetivo de precisar la posible presencia de zonas tectónicas favorables para la presencia de agua se ejecutaron tres perfiles en las figuras 4, 5 y 6, en las que se muestran los modelos de resistividad y conductividad del subsuelo, obtenidos a partir del procesamiento de los datos. Como puede apreciarse, de forma general el corte geoelectrico se presenta algo variable, observándose en la parte superficial, entre los primeros 5 m una zona con predominio de resistividades bajas entre 50 a 100 ohm.m, seguidamente y hasta el final de los cortes esta va en aumento alcanzando los valores máximos hasta 2500 ohm.m.

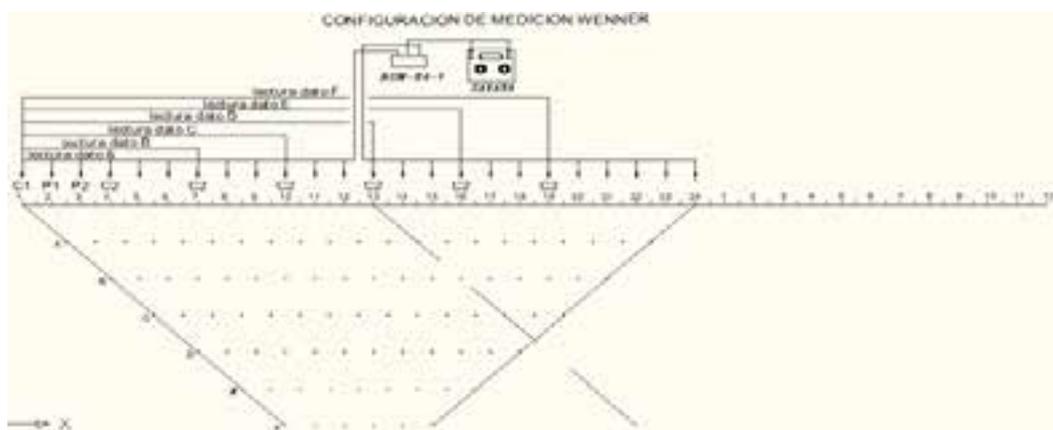


Fig. 2. Esquema que muestra una configuración de los electrodos (dispositivo Wenner), de uso común en investigaciones geoelectricas y la secuencia de medición para generar la pseudosección de resistividad.

La figura 4 muestra los resultados de la línea, la cual presenta una longitud de 295 m, su dirección es SW a NE, con cota de 95 a 105 m (final de la línea). En este se puede observar entre las estaciones 200 a 230 (zona I) una ruptura de las anomalías de resistividad, similar situación puede verse en la parte sur de la línea entre las estaciones 30 a la 60 (zona II). En ambos casos se puede suponer que estamos en presencia de zona de fallas, aunque en la zona I esta se define en el corte geoelectrico por ser muy conductora (Pseudosección de Conductividad). En ambos casos estas zonas presentan interés para trabajos hidrogeológicos.

El perfil 2 (figura 5) presenta similares condiciones, aunque más relevantes son los resultados geoelectricos en la parte sur (zona IV), donde se puede ver una anomalía intensa y seccionada la cual pudiera estar asociada con otra de falla bien definida. Por lo que se recomienda verificación con tales objetivos.

El tercer perfil (figura 6) se ejecuta con dirección NW-SE (Parte elevada) y presenta una longitud de 180 m. Este, a pesar de ser corto en su longitud, se puede observar en la parte final variaciones del comportamiento geoelectrico, sobre todo entre las estaciones 280 a la 300 E, lo cual bien pudiera estar asociado con la presencia de zona de fallas de interés hidrogeológico.

La figura 7 muestra los resultados de los trabajos detallados para la búsqueda de Cromo en la década de 1980, en los que se emplearon los métodos gravimétricos y magnetométricos en una red de 50 x 25 m y parte de sus resultados se muestran en esta figura, en la que se mapea una serie de fallas con direcciones NW-SE y SW-NE, las cuales confirmaron su presencia y ángulo de buzamiento (casi verticales) con los métodos eléctricos. En la figura 8 se muestra mediante líneas azules continuas las fallas regionales propuestas por investigaciones de Capote y De la Nuez como favorablemente acuíferas.

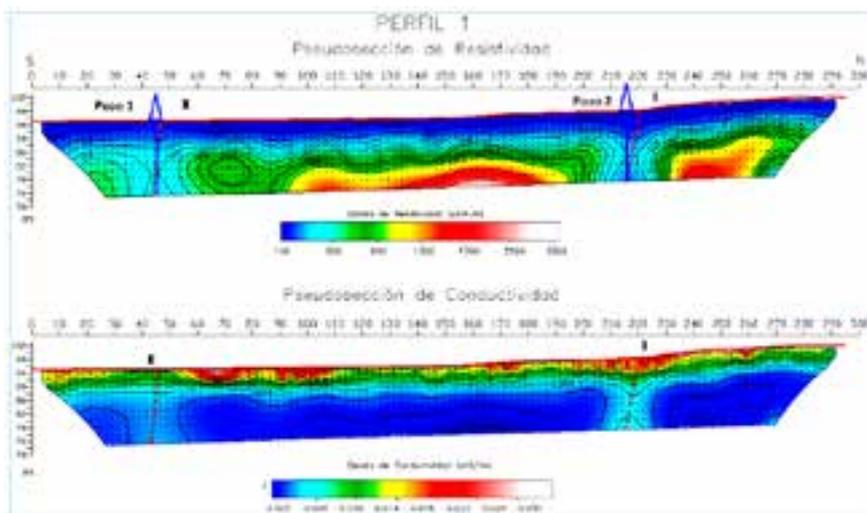


Fig. 4. Imagen donde se muestran los modelos de resistividad y conductividad del subsuelo para las líneas 1 (S-N). Con trazo grueso y discontinuo indican la ubicación de posibles zonas de fracturas dentro del macizo rocoso.

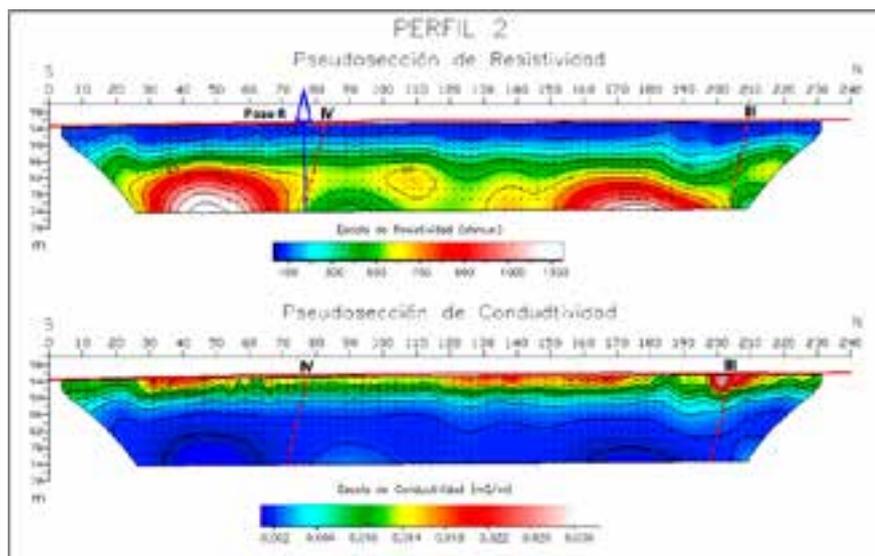


Fig. 5. Imagen donde se muestran los modelos de resistividad y conductividad del subsuelo para la línea 2 (S-N). Con trazo grueso y discontinuo indican la ubicación de posibles zonas de fracturas dentro del macizo rocoso.

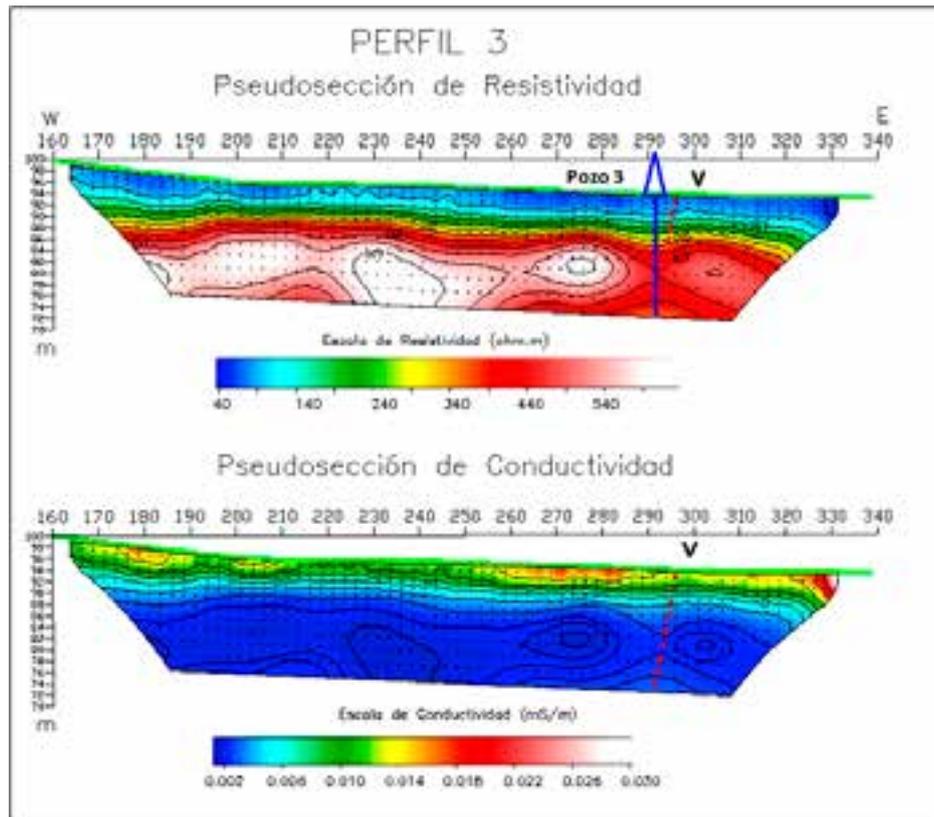


Fig. 6. Imagen donde se muestran los modelos de resistividad y conductividad del subsuelo para la línea 3 (W-E). Con trazo grueso y discontinuo indican la ubicación de posibles zonas de fracturas dentro del macizo rocoso.

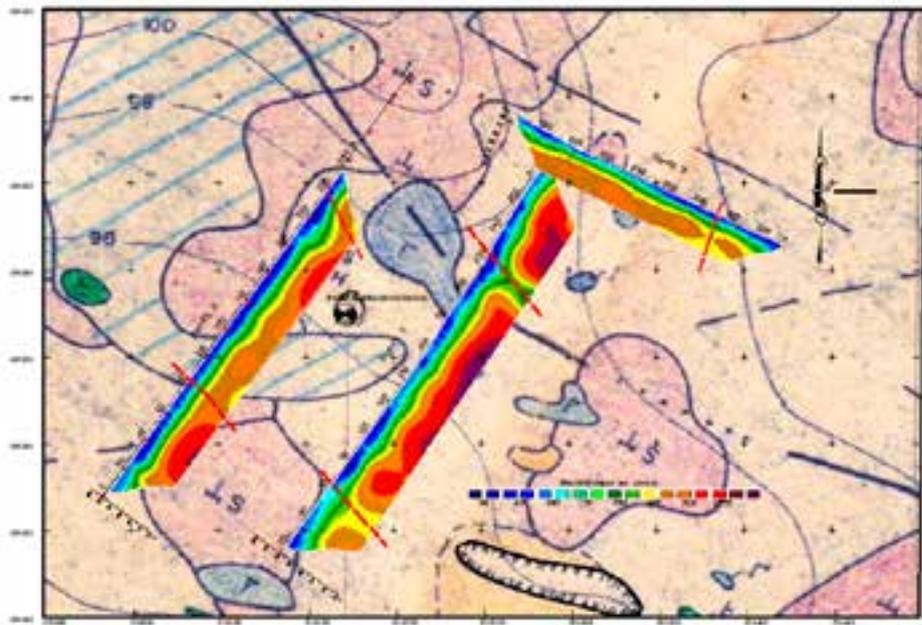


Fig. 7. Imagen donde se muestran los modelos de resistividad del subsuelo para las líneas 1, 2 y 3, ubicado sobre el plano geológico (Informe Búsqueda detallada de Cromo 1986-90). Con trazo grueso y discontinuo indican la ubicación de posibles zonas de fracturas dentro del macizo rocoso.

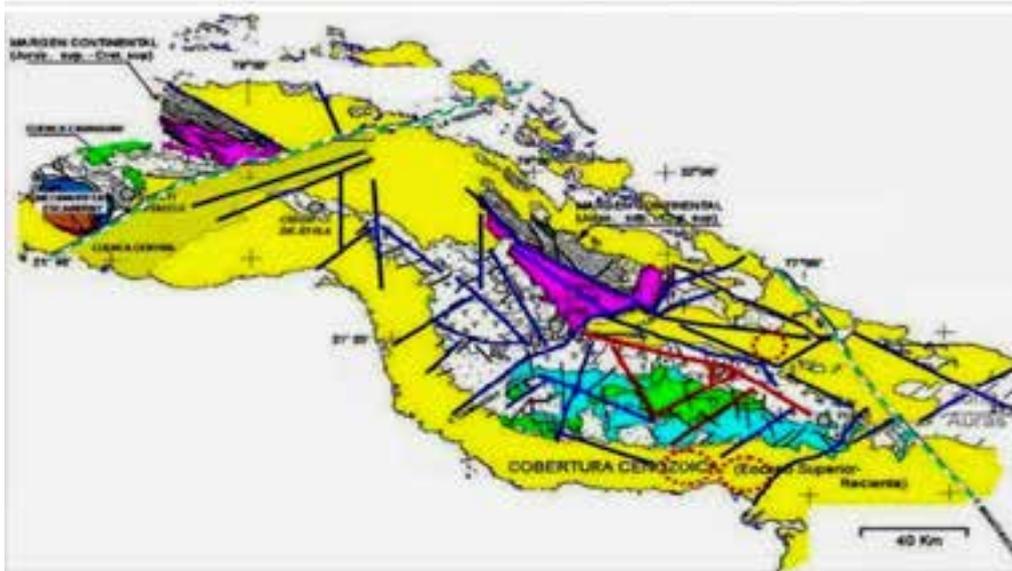


Fig. 8. Se muestra mediante líneas azules continuas las fallas regionales propuestas por investigaciones de Capote y De la Nuez como favorablemente acuíferas.

#### IV. Conclusiones

La metodología empleada permitió realizar un registro continuo de las resistividades del terreno, desde la superficie hasta la profundidad de ( $h=20m$ ),

Se logra identificar un número importante de zonas favorables como posibles fracturas o fallas a lo largo de las líneas.

#### V. Recomendaciones

Se recomienda realizar la verificación de las zonas más perspectivas, mediante la perforación en los sitios que se detallan a continuación.

- Perfil 1: Pozo 1, Estación E+215.
- Pozo 3, Estación E+45.
- Perfil 2: Pozo 2, Estación E+75.
- Perfil 3: Pozo 4, Estación E+290

#### Perfiles geofísicos Lesca

#### VI. Bibliografía

DUSSAC, O. (2007). «Instrucción de trabajo para la interpretación del método geofísico con Georadar». Geominera, Santiago de Cuba.

ESCOBAR, E. (1998). «Algunos resultados de las investigaciones geofísicas en cortezas lateríticas níquelíferas. Investigaciones geofísicas en el Yacimiento San Felipe». Geominera S.A.

FERNÁNDEZ, R. Y L. CANTILLO (2009). «Investigación geofísica Vial Albaisa-Sola». (EIPH Camagüey).

FITZGERALD, D.V.; J.A.C. MEEKES E I. L. RITSEMA (1988). «Equivalence behavior of three electrical sounding methods as applied to hydrogeological problems». 50<sup>th</sup> Meeting of the European Association of Exploration Geophysics. The Hague.

GOLDMAN M., B. RABINOVICH, M. RABINOVICH, D. GILAD, I. GEV Y M. SHIROV (1994). «Application of the integrated NMR-TDEM Method in groundwater exploration in Israel». *Journal of Applied Geophysics*. 31: 27-52.

QUINTAS, F. Y J.M. CORDOVÉZ (2007). «Hundimientos de suelos en Sola-Camagüey».

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021.

# REFLEXIONES SOBRE AGRICULTURA FAMILIAR Y CADENAS CORTAS DE VALOR DESDE LA EXPERIENCIA DEL PROYECTO BIOMÁS CUBA

Por Dra. C. **Leidy Casimiro Rodríguez\*** y M. Sc. **Madelaine Vázquez Gálvez\*\***

\*Dra. en Agroecología. Profesora Titular Universidad de Sancti Spiritus.

Finca del Medio

E-mail: leidy7580@gmail.com

\*\*Ing. Tecnóloga en Alimentación Social. Sociedad Cubana para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental, Cubasolar.

E-mail: madelaine@cubasolar.cu

## Resumen

Es importante reconocer y apoyar el potencial de la agricultura familiar para desarrollar sistemas eficientes en la producción de alimentos, valores culturales y un vínculo territorial estratégico para el uso de los recursos endógenos y el fortalecimiento de una identidad y tradición locales. A pesar de su importancia varios factores limitan su fomento a una escala mayor con enfoque agroecológico, aunque varios proyectos y programas validan en diferentes escenarios la importancia de vínculos efectivos entre el sector público y la agricultura campesina, que fortalecen procesos de innovación y contextualización de diferentes tecnologías y su contribución con el desarrollo rural local. El proyecto de colaboración internacional Biomás Cuba, dentro de sus ejes prioritarios vincula la concepción de la cultura alimentaria como proceso que va de la tierra a la mesa, con resultados muy interesantes para la reflexión colectiva sobre políticas que puedan incidir en escalonar las buenas experiencias. Por lo tanto, este artículo expone de forma resumida algunos resultados del eje de Cultura Alimentaria del proyecto Biomás y propuestas a considerar para el fomento de una agricultura familiar sobre bases agroecológicas.

*Palabras clave:* Cultura alimentaria, familia campesina, fincas, valores agregados.

---

## REFLECTIONS ON FAMILY FARMING AND SHORT VALUE CHAINS FROM THE EXPERIENCE OF THE BIOMAS CUBA PROJECT

### Abstract

It is important to recognize and support the potential of family farming to develop efficient systems in food production, cultural values and a strategic territorial link for the use of endogenous resources and the strengthening of a local identity and tradition. Despite its importance, several factors limit its promotion on a larger scale with an agroecological approach, although several projects and programs validate in different settings the importance of effective links between the public sector and peasant agriculture, which strengthen innovation processes and contextualization of different technologies and their contribution to local rural development. The international collaboration project BIOMAS Cuba, within its priority axes, links the conception of food culture as a process that goes from the soil to the table, with very interesting results for collective reflection on policies that can influence the multiplication of good experiences. Therefore, this article summarizes some results of the Food Culture axis of the Biomass project and proposals to consider for the promotion of family farming on agroecological bases..

*Keywords:* Food culture, peasant family, farms, added values.

---

## Introducción

La cultura alimentaria de un país es conjunto de valores, sintetizados en múltiples manifestaciones asociadas a los modos y estilos del producir y del comer, que constituyen reflejos del proceso histórico local y mundial en que se desarrollan, presupone una unidad entre lo biológico y lo socio-histórico-cultural, y contiene elementos afectivos [Vázquez y Casimiro Rodríguez, 2019].

Para el abordaje de la cultura alimentaria en Cuba, es preciso resaltar que la producción y consumo de alimentos en el país se han destacado históricamente por una economía insostenible con una alta importación de insumos y alimentos, que hoy representan alrededor de 60 % de su disponibilidad [ONEI, 2019], también por la imitación de modelos agrícolas no cubanos y la preferencia por paquetes tecnológicos de la agricultura convencional.

Existen espacios en el mercado insatisfechos y el acceso económico limitado para la población se ve afectado por la carestía de la oferta. La familia cubana, para la adquisición de alimentos destina entre 70 y 75 % de su gasto promedio [Sánchez y Triana, 2010], prefiriendo cantidad y no calidad, ni siquiera deteniéndose a pensar en la procedencia de los productos o el beneficio o no para la salud.

Siendo crítica esta situación, se agudiza con mecanismos ineficientes para el acopio, transformación y comercialización de las producciones domésticas, desperdiándose alrededor de 30 % de lo que se produce internamente.

Esto afecta directamente la economía de la agricultura familiar, que a pesar de producir más de 75 % de la comida cubana, en 30 % de las tierras y con 20 % de los escasos recursos, pierden parte de sus producciones, que en su gran mayoría no pueden siquiera beneficiar o almacenar por carecer de los recursos necesarios para su transformación, empaque o almacenamiento.

Las familias campesinas cubanas, además de la diversidad biológica en sus sistemas, cuentan con un acervo cultural para agregar valor a sus producciones a partir de la elaboración de pulpas, procesos de deshidratación, elaboración de vinos o fermentados, entre otros, pero se ven muy limitadas por las escasas infraestructuras, herramientas, recursos e insumos, además de la cotidianidad en sus fincas, que para cumplir los planes de producción convenidas con el Estado, no dejan tiempo ni espacio para dedicarse a otras labores, que podrían ser, además de atractivas, mejores para la economía familiar.

La mayoría de sus producciones se entregan a las empresas estatales de acopio en su forma bruta, parte del resto de igual forma a otros intermediarios, lo cual no favorece ni a las familias campesinas ni a los consumidores; a los primeros porque venden a precios, en muchas ocasiones, por debajo de los costos de producción, a los segundos porque reciben estos productos que ya han pasado a través de una cadena de transformación o comercialización que les resta calidad, y a precios encarecidos, a veces inaccesibles para toda la población.

Sin embargo, existen proyectos de colaboración internacional que han posibilitado introducir, en algunas fincas, pequeñas minindustrias para agregar valor a las producciones y potenciar la fuerza del trabajo familiar y local, con propuestas y resultados concretos que podrían escalonarse

con políticas públicas que fomenten la riqueza productiva y los medios de vida de la agricultura familiar en su conjunto.

## Desarrollo

El proyecto Biomás Cuba, ejecutado por la Estación Experimental Indio Hatuey y financiado por la Cooperación Suiza para el Desarrollo, gestiona desde 2018 el Eje de Cultura Alimentaria en 28 fincas familiares, con el enfoque de que la producción y consumo de alimentos deviene proceso que va «De la tierra a la mesa», lo que presupone la preservación y fortalecimiento de las tradiciones agroalimentarias (lo agrícola más la cocina), la reducción de la pérdida de alimentos durante este ciclo, un mayor uso de la diversidad ecológica y cultural, el conocimiento de la fuente de alimentos, la actualización de conocimientos en alimentación y nutrición, entre otros aspectos.

En este sentido las acciones de intervención del eje han estado vinculadas al intercambio de experiencias y la capacitación de las familias en el rediseño participativo de sus sistemas para la transición agroecológica, a potenciar con pequeñas infraestructuras el cierre de ciclos para agregar valor a sus producciones, sistematizar las buenas prácticas, experiencias y propuestas para la incidencia en políticas públicas, en correspondencia al fomento de la agricultura familiar agroecológica y a alternativas de comercialización y consumo directas, lo más cercano a donde se producen los alimentos.

Por las características de las fincas y la vocación productiva y cultural de las familias, a partir de las capacitaciones, encuentros y talleres, las familias construyeron sus planos conceptuales y estrategias para la transición agroecológica y agroenergética, además, para la creación de «Centros Artesanales de Producción Familiar».

Para estos espacios familiares de producción artesanal, el proyecto facilitó la importación e introducción en las fincas de despulpadoras manuales de café, batidoras industriales, desgranadoras eléctricas de maíz, molinos de granos, despulpadoras de frutas, pequeñas prensas extractoras de aceite, ollas y calderos de mayor capacidad, selladoras, batidoras domésticas, utensilios de cocina, entre otros dispositivos que no se encuentran en el mercado interno cubano.

Mediante la capacitación y diferentes intercambios, la construcción conjunta de rutas y la introducción de equipos, las familias se sintieron inspiradas y empoderadas por la posibilidad de fortalecer su resiliencia con nuevos diseños y de agregar valor a los excedentes de las producciones luego de cumplir sus compromisos con la empresa estatal.

En ese camino disminuyeron las pérdidas poscosecha, han incrementado el portafolio de productos por finca con ocho nuevos como promedio por familia, han alargado los ciclos de producción y creado nuevas fuentes de empleo familiar, con la posibilidad de almacenar alimentos en pulpas, encurtidos o deshidratados por más de un año sin el uso de aditivos, y poder disponer de ellos en épocas cuando escasean, potenciando el autoabastecimiento familiar y generando una oferta potencial para la comercialización en sus comunidades.

En cinco de las fincas, donde se pudieron introducir pequeñas prensas extractoras, se ha logrado que las fa-

milias se autoabastezcan de diferentes tipos de aceite con cultivos de sus sistemas que antes no podían ser usados en este sentido y se destinaban solo al consumo animal como la soja, a la elaboración de dulces como el ajonjolí y el coco, los que se desperdiciaban en muchas ocasiones; algunas fincas también procesan girasol y corajo. Con algunos de estos aceites también se elaboran jabones artesanales de alta calidad.

Se demuestra el potencial de las fincas familiares, la importancia del diálogo de saberes y la vinculación efectiva con centros de investigación que contribuyen a la creación de capacidades, a la contextualización de tecnologías y al incremento de la eficiencia para la transición agroecológica.

Se destaca la necesidad de transformar el sistema de acopio estatal y la comercialización de producciones agropecuarias, mejorar los precios para los campesinos por parte del Estado, que a través de las importaciones hoy paga a precios muy superiores productos similares pero de baja calidad; además, crear un mercado estable de insumos, infraestructuras y recursos que, a precios justos, posibiliten a familias campesinas agregar valor a sus producciones.

Se necesita actualizar o poner en vigor nuevos postulados legales referidos al uso de la tierra y de los productos que obtienen de ella los campesinos, que hoy están con la obligación de cumplir una serie de exigencias que frenan la «plena realización de la propiedad», que según Nova [2014], refiere, entre otros aspectos, a que el campesino pueda decidir, de acuerdo con el comportamiento del mercado y los requerimientos sociales, lo que va a producir, a quién y dónde vender.

Se necesita crear mecanismos para la venta directa a los consumidores de las producciones campesinas con valor agregado, sin la necesidad de intermediarios. En este sentido existen avances actualmente. Existe el Decreto No. 355 del Consejo de Ministros como Reglamento para la comercialización de productos agropecuarios en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque, que favorece la comercialización de forma liberada de productos agropecuarios después de cumplidos los compromisos de entrega a las instituciones estatales; su puesta en vigor fue hace menos de un año, a partir de la derogación del Decreto No. 318 del 20 de octubre de 2013, que se aplicó por más de cinco años con carácter experimental para la comercialización de productos agropecuarios en estas tres provincias. A pesar de cinco años de duración del experimento, la nueva normativa que derogó a la anterior sigue aplicándose solamente en estos territorios mencionados y no para el resto del país.

El pasado 6 de enero entró en vigor la Resolución 559/2019 del Ministerio de la Agricultura, y en su segundo por cuanto acordó el listado de productos y servicios que pueden ser comercializados al turismo por campesinos, incluyendo los usufructuarios de tierra, expresando en su tercer resuelto: «Los agricultores pequeños incluyendo los usufructuarios de tierra, tendrán la opción de comercializar directamente con los establecimientos hoteleros y gastronómicos del sector del turismo (...) sin la intermediación de las cooperativas o entidades estatales». Aún con esta nueva alternativa, son pocos los campesinos que podrán acceder a la iniciativa debido a cuestiones de distanciamiento físico, dificultades de transporte e infraestructuras. Se considera

estratégico extender esta normativa no solo al sector del turismo, sino a toda la población, con el objetivo de ofrecerle productos frescos y de calidad a mejores precios para ambos, productor y consumidor, incluyendo la posibilidad de facilitar por parte del Estado, bonificaciones o exenciones tributarias a las producciones agroecológicas, que funcionen como otro incentivo a la transición.

En este sentido, sería factible que la administración pública, destinara espacios confortables en los territorios para la venta campesina en ecomercados, ecotiendas y bioferias, que además de prestar un servicio necesario y de vital importancia, pueden ser lugares de enseñanza y aprendizaje para toda la sociedad sobre la importancia de la agricultura familiar, el consumo de alimentos sin químicos o aditivos, la agroecología, los principios éticos y de diseño de la permacultura, la cultura e identidad locales.

De esta forma se estarían apoyando las cadenas cortas de valor y la calidad de los productos ofertados, disminuyendo las distancias físicas y los costos de transacción, educando a la sociedad en general para el consumo solidario y responsable, con impacto beneficioso en su salud.

### Conclusiones

En un país como Cuba, con escasos recursos y sometida a bloqueo económico, se necesita y sería estratégico concebir y materializar políticas para el fomento de la agricultura familiar sobre bases agroecológicas, con mecanismos para la comercialización en circuitos cortos y precios justos para las familias campesinas y los consumidores, en los que se reflejen los tiempos de producción y transformación de los productos y los gastos que conllevan en energía y recursos, para luego aplicar un margen de ganancia honrado y transparente.

La Soberanía Alimentaria en este camino sería posible y como dice José Antonio Casimiro, campesino de la Finca del Medio, podría ponerse «La Idea sobre la Mesa», como la esencia de un modelo de vida en el que las fincas campesinas puedan ostentar el mérito de llevar a lo máximo, como cultura, la simplificación de un conjunto de pequeños detalles que hacen grande el título de pequeños agricultores. Pueden mostrar en la mesa la concepción natural de los alimentos, desde la selección de la semilla hasta su degustación, todo por ellos.

### Referencias bibliográficas

- NOVA, A. (2014). «Un nuevo modelo cubano de gestión agrícola». *Temas* 77: 84-91, 2014.
- ONEI (2019). *Anuario Estadístico de Cuba 2018*. La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información.
- SÁNCHEZ, J. M. Y J. TRIANA (2010). «Panorama de la economía, transformaciones en curso y retos perspectivas». En: G. Estrada, ed. *Cincuenta años de la Economía Cubana*. La Habana: Ed. Ciencias Sociales, pp. 383-423, 2010.
- VÁZQUEZ M. Y L. CASIMIRO RODRÍGUEZ (2019). «Cultura alimentaria en fincas familiares cubanas beneficiadas por el proyecto Biomás Fase III». En revista *Eco Solar* No. 67. La Habana: Ed. Cubasolar.

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021.

# PROYECTO DE AZOTEA VERDE EN LA PUERTA ROSA, LA HABANA

Por Ing. **Lisan Siverio Valle\***, Arq. **Miriam Marcela González Hernández\*\***, Lic. **Jean Fugère\*\*\***  
y Dr. C. **Ernesto Yoel Fariñas Wong\*\*\*\***

\* Empresa de Proyectos e Ingeniería del Minag (ENPA), La Habana.

E-mail: lisansiverio@gmail.com

\*\* Unión eléctrica (UNE)

E-mail: miriamgh@nauta.cu

\*\*\* Máster en letras y lingüística alemana, escritor y periodista.

E-mail: jfugere@videotron.ca

\*\*\*\* Doctor en Ciencias Técnicas, Profesor Titular, Centro de Estudios Energéticos y Tecnologías Ambientales, Ceeta. Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Universidad Central Martha Abreu de Las Villas, UCLV.

E-mail: farinas@uclv.edu.cu

## Resumen

En el presente artículo se expone el desarrollo de un modelo particular de techo verde adaptado a una vivienda colonial localizada en La Habana, Cuba. Tomando como referencia las características, ventajas y desventajas de los techos verdes en el mundo, se desarrolló y construyó un modelo específico para ser construido en un clima tropical y en esta vivienda en particular. Posteriormente se procedió a realizar mediciones de temperatura en las diferentes zonas de la instalación para validar el impacto positivo del techo verde sobre la temperatura de la vivienda. Además, se evidenciaron otras ventajas propias de la construcción del techo verde para la vivienda y sus ocupantes.

*Palabras clave:* Techos verdes, cubierta ajardinada, Cuba, viviendas coloniales.

---

## GREEN ROOF PROJECT AT THE PINK GATE, HAVANA

### Abstract

In this article he exhibits the development of a particular model of green roof adapted to a colonial house located in Havana, Cuba. Taking as a reference the characteristics, advantages and disadvantages of green roofs in the world, a specific model was developed and built to be built in a tropical climate and in this particular house. Subsequently, temperature measurements were made in the different areas of the facility to validate the positive impact of the green roof on the housing temperature. In addition, other advantages of building the green roof for the house and its occupants were evident.

*Keywords:* Green roofs, top roof garden, Cuba, antique houses.

---

### 1. Introducción

Informes de las Naciones Unidas indican que, en la actualidad, aproximadamente la mitad de la población mundial vive en las ciudades y se estima que este número siga en aumento durante los próximos años. Esta alta concentración de habitantes y el acelerado crecimiento urbano

han generado una serie de problemas ambientales como inundaciones, contaminación del aire y el conocido *Efecto Isla de Calor Urbano*.

Diversas respuestas a estas problemáticas han sido proporcionadas por la ciencia y las nuevas tecnologías, desde soluciones relativamente simples como el incre-

mento de la cobertura de áreas verdes, hasta las tecnologías sostenibles como la energía solar, los materiales de construcción que reflejan los rayos solares, la reutilización de las aguas de lluvias y el almacenamiento de agua y energía. Entre estas tecnologías ecológicas recientes están los techos verdes, que nacieron como respuesta a la dificultad de expansión de áreas destinadas a la vegetación en núcleos urbanos [Zielinski, 2012].

Un techo verde, azotea verde o cubierta ajardinada, es el techo de un edificio que está parcial o totalmente cubierto de vegetación, ya sea con suelo o con un medio de cultivo apropiado. No se refiere a techos de color verde, como los de tejas de dicho color ni tampoco a techos con jardines en macetas. Se refiere a tecnologías usadas en los techos para mejorar el hábitat o ahorrar consumo de energía, es decir, tecnologías que cumplen una función ecológica [Biscia, 2005].

Alemania es pionero mundial en techos verdes desde la década de 1970, cuando se reconocieron sus beneficios ecológicos y para el medioambiente, convirtiéndose en el líder en este tema. Varias ciudades del mundo han adoptado medidas y legislaciones que obligan a cubrir parte de los techos con vegetación, y(o) con tecnologías para producir energía mediante fuentes renovables; entre estas ciudades se encuentran Montreal, Vancouver, Nueva York, Chicago, París, Stuttgart, Beijín, Singapur, Copenhague, Córdoba (Argentina) y Tokio, entre otras.

Estudios recientes corroboran los beneficios de los techos verdes, tanto ecológicos como económicos, ya que tienen gran impacto sobre la disminución del consumo energético de la vivienda o local donde se instalen; además de aminorar el *Efecto de Isla de Calor Urbana*, contribuyen al manejo del agua de lluvia y evitar inundaciones, mitigar el ruido y reducir la contaminación del aire.

Según lo expuesto, los techos verdes son sistemas que se vienen desarrollando desde hace varios años, sobre todo en lugares con clima templado o continental, caracterizados por estar expuestos al sol, sin ninguna cubierta sobre los mismos. Este trabajo expone el desarrollo y construcción de un sistema de techo verde enfocado a las características climáticas de países con clima tropical, combinando los conceptos de techo verde con los de jardín sobre el techo, para obtener todos sus beneficios, incluyendo el cultivo de plantas medicinales, especias, frutas y vegetales. Además, se plantea cubrir la instalación, a modo de pérgola, con una cubierta viva y(o) sintética que permita su utilización y disfrute durante todo el año dadas las características climáticas del trópico.

## 2. Materiales y métodos

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una búsqueda documental sobre el estado del arte, tanto nacional como internacional, en el tema de los techos verdes y cubiertas ajardinadas, así como sus ventajas y desventajas, características y diferencias. A partir de esta información se realizó una evaluación de la vivienda donde se construyó la instalación, así como del entorno que la rodea. Teniendo en cuenta todos estos factores se procede a diseñar y construir un modelo de techo verde que se ajusta a las características propias de la vivienda, el entorno y

los materiales objetivos que tenemos a nuestro alcance. Posteriormente se procede a evaluar los resultados obtenidos con la construcción de este modelo particular de techo verde.

## 3. Resultados y discusión

La literatura consultada sobre esta temática hace referencia a las diversas ventajas que proporcionan los techos verdes, tanto económicas, ecológicas como sociales, y su impacto positivo sobre el medioambiente en las ciudades. Teniendo en cuenta estos criterios realizamos una investigación tomando como punto de referencia el comportamiento de las temperaturas, en función de la tipología constructiva de diferentes tipos de urbanizaciones, descritos en modelos internacionales, ver Fig. 1.

La explicación gráfica del Efecto Isla de Calor Urbana se muestra en la Fig. 2, donde se evidencia que las zonas rurales tienden a tener menor temperatura durante el mismo día y a la misma hora que las áreas urbanas.

Partiendo de la ubicación de la vivienda propuesta, sobre la que se construyó la instalación, seleccionamos varias zonas de La Habana con diversas características constructivas y diferente relieve, y posteriormente procedimos a compararla con el modelo descrito en la Fig. 1. La localización de la vivienda donde se está desarrollando la instalación es en Centro Habana, ver Fig. 3. Esta área constituye uno de los asentamientos urbanos más densamente poblados, construidos y con menores áreas verdes en la capital, como muestran las imágenes satelitales, es por ello que se seleccionó como una de las zonas más afectadas en La Habana por el *Efecto Isla de Calor Urbano*. En cambio, en la Fig. 4 se muestra el reparto de Koly, donde la tipología constructiva se mezcla armoniosamente con la vegetación de la zona, así como con el río presente en la geografía de esta área, el cual contribuye positivamente a mitigar el *Efecto Isla de Calor Urbano*.

### Descripción de la vivienda y el techo verde

Nuestro proyecto se está desarrollando aproximadamente a 11 metros sobre el nivel de la calle, en la cubierta de una vivienda de dos niveles que se encuentra situada en el municipio de Centro Habana. Construida en 1900 según los códigos constructivos de la época para Cuba, compuesta por muros de carga de mampuesto de 420 a 600 mm de espesor y techo de vigas de madera y bovedillas de barro, ver Fig. 5. Impermeabilización originalmente con soladura y recientemente reparada con mantas asfálticas. Interiormente está decorada con falso techo de madera con detalles en yeso a modo de terminación, ver Fig. 6.

### Clasificación de nuestro techo verde

Según el repertorio internacional sobre esta temática, cuando se habla de techos verdes se hace referencia a dos tipos: Techos Verdes Intensivos (TVI), y Techos Verdes Extensivos (TVE). Las principales diferencias entre estos dos sistemas se traducen básicamente en variaciones en cuanto a tipo de materiales, espesores y requisitos de mantenimiento, que son consecuencia de las exigencias de la vegetación, diferente en ambos casos [González Couret, 2016, p. 2].

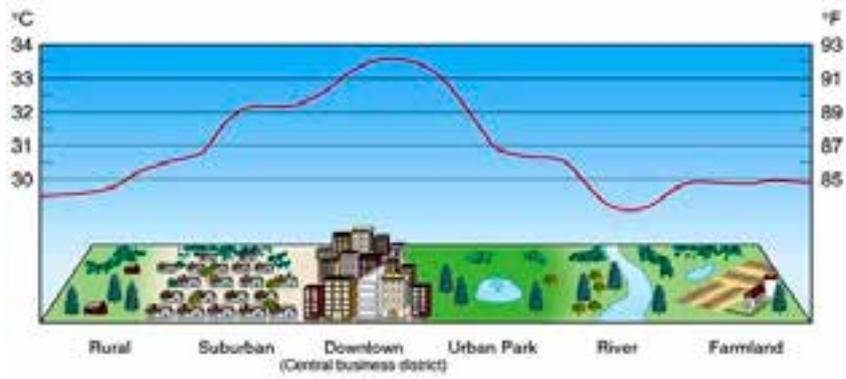


Fig. 1: Comportamiento del Efecto Isla de Calor Urbano, tomado de internet.

### Why the urban heat island effect occurs

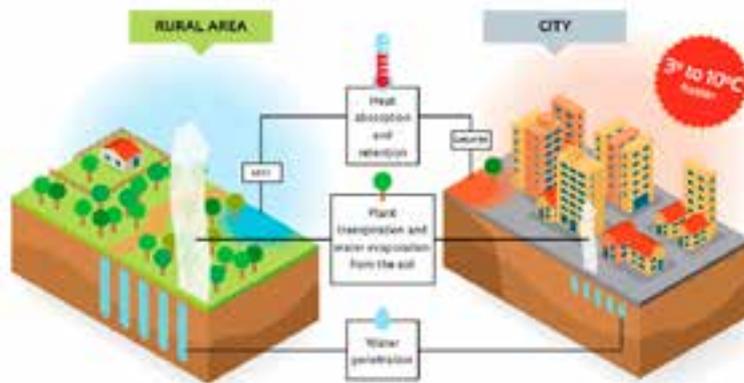


Fig. 2: Causas del Efecto Isla de Calor Urbano, tomado de internet.



Figs. 3 y 4. Imágenes satelitales de los repartos Centro Habana y Koly, tomadas de SAS. Planet.



Figs. 5 y 6. Vista de la composición interior de la cubierta de la vivienda.

En Cuba no existe tradición en el empleo de estos techos, ya que la razón principal que les dio origen en países de clima frío y cálido seco, fue la necesidad de emplear la tierra y la vegetación directamente sobre las cubiertas para obtener una mayor masa térmica e impedir que el calor se escapara del interior de las viviendas durante el invierno. Cuba, por el contrario, posee un clima cálido húmedo, donde las temperaturas son elevadas durante el día y la noche a lo largo de todo el año, por lo cual es de suponer que el empleo de masa térmica sobre los techos debe generar un efecto de retraso térmico que resulta desfavorable para el confort térmico humano en los interiores de las viviendas, sobre todo en el período nocturno, que es el de mayor ocupación y coincide con las horas de dedicadas al sueño. Esto puede ser una de las causas que motiva que los techos verdes intensivos y extensivos no constituyan una tradición en Cuba [González Couret, 2016, p.2].

Existen diversas modalidades de techos verdes en La Habana y el resto del país, de manera general estas se pueden clasificar en dos tipos atendiendo a la posición de la vegetación: Techos Verdes con vegetación en Contenedores (TVC), y Techos Verdes con vegetación en Doble Cubierta (TVDC) [González Couret, 2016, p.3].

Dado el sistema constructivo de nuestra vivienda, no es viable colocar grandes cargas sobre la cubierta, pues colapsaría. La solución aplicada fue diseñar y construir una estructura de vigas de acero que soporten todo el peso de los contenedores. Estas vigas transfieren las cargas a los muros de carga de la vivienda, manteniendo la cubierta sin pesos adicionales a consecuencia de los sistemas de cultivo y por ende, conservando la integridad de la misma. Ver Figs. 7 y 8.

En la figura 9 se puede observar un plano de planta y elevación de la cubierta de la vivienda donde se enmarcan en color verde las zonas dedicadas a los cultivos, así como las zonas cubiertas con uva y con mantas que protegen del sol y de los rayos ultravioletas.

Por lo anteriormente expuesto nuestro techo verde quedaría clasificado como: *techo verde en contenedores y con vegetación en doble cubierta*.

### Datos de interés de la instalación

- Área de plantación: Actualmente 17 m<sup>2</sup> aproximadamente, incremento hasta los 60 m<sup>2</sup>.

- Tipos de cultivo: Plantas ornamentales, especias, frutas y vegetales.
- Tipo de abono: Orgánico, compost realizado in-situ con desechos orgánicos procedentes de la instalación y la vivienda.
- Tipo de riego: Manual.
- Área bajo techo: 32,5 m<sup>2</sup> cubierta con uva y 58 m<sup>2</sup> cubierta con mantas isotérmicas. A ejecutar 43 m<sup>2</sup> adicionales de cubiertas aproximadamente.
- Iluminación: Sistema autónomo de encendido y apagado, con luces LED de bajo consumo energético. Faroles LED de encendido y apagado manual.

### Sistema de iluminación

Para contribuir al ahorro energético de nuestro techo verde hemos diseñado un sistema de iluminación con luces LED de bajo consumo. Primeramente, se colocaron pequeñas luces LED de 1 Watt de potencia y con encendido y apagado automático, dispuestas entre las macetas o contenedores de cultivos, logrando un nivel de iluminación suficiente para transitar por la cubierta y evitando el gasto de electricidad por error humano al dejarlas encendidas durante las horas del día, ver Fig. 10. Además, se colocaron faroles con bombillos LED para ser utilizados en ocasiones donde se necesite mayor iluminación, ver Fig. 11.

### Cubierta con mantas y uva

Cuba es un país con abundante sol, aproximadamente 5000 W/m<sup>2</sup> de energía solar llegan cada día, por ello se hace necesario colocar cubiertas sobre la azotea como protección del sol y así poder disfrutar el jardín en todo momento y sobre todo en horas de mayor irradiación solar. Para ello se han colocado unas mantas isotérmicas capaces de bloquear hasta 90 % los rayos ultravioletas, además de ser resistentes a las condiciones de humedad del trópico, ver Fig. 12. Estas mantas se han colocado con un ángulo de inclinación que permita el sombreado solamente en las zonas destinadas al descanso, especialmente durante los meses de verano, mientras que el resto del área destinada a cultivos se mantenga soleada para el desarrollo de los mismos.



Fig. 7. Estructura de vigas de acero en una sección cubierta con uva, fuente: elaboración propia.



Fig. 8. Estructura de vigas de acero en la sección de las especias, fuente: elaboración propia.

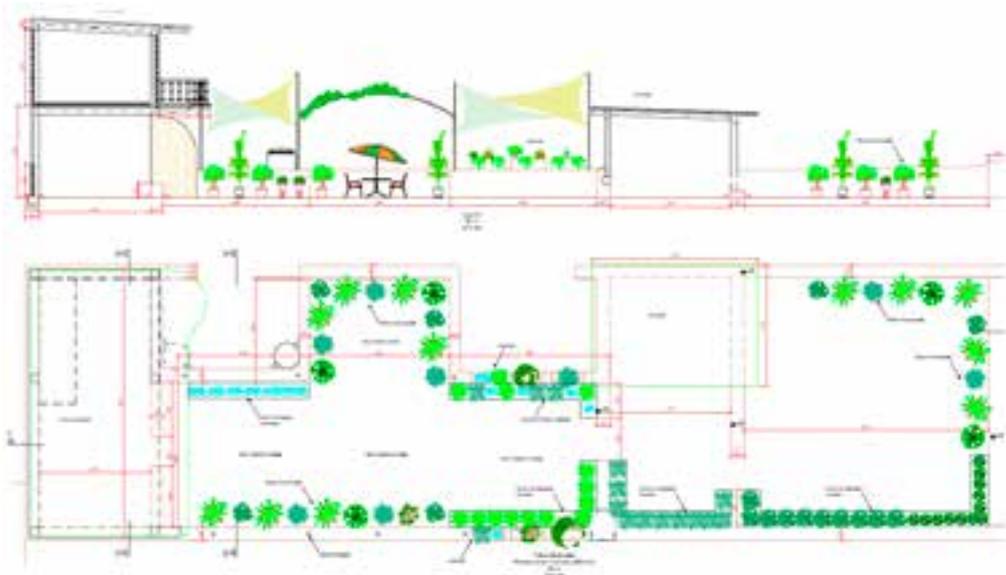


Fig. 9. Elevación y planta de la azotea de la vivienda, fuente: elaboración propia.



Fig. 10. Iluminación LED de bajo consumo, luces indirectas, fuente: elaboración propia.



Fig. 11. Iluminación LED de bajo consumo, faroles, fuente: elaboración propia.



Fig. 12. Área cubierta con mantas, fuente: elaboración propia.

Otra solución aplicada fue el diseño de dos pérgolas de aproximadamente 32,5 m<sup>2</sup> cubiertas con vegetación (uva), ver Fig. 13. Este tipo de cubierta permite abaratar los costos de la instalación, ya que solo se necesita invertir en la estructura de la pérgola; además, se obtienen otros beneficios como: frutas para el consumo humano y, al incrementar el área con vegetación se contribuye al mejoramiento de la calidad del aire; mas vegetación en nuestro techo se traduce en mayor producción de oxígeno y absorción de CO<sub>2</sub>, incremento del filtrado de partículas de polvo y suciedad nocivas para la salud, además se evita el recalentamiento de los techos y con ello se disminuye la probabilidad de surgimiento de remolinos de polvo.

### **Influencia del techo verde sobre la temperatura de la vivienda**

Para estudiar la influencia del techo verde sobre la temperatura de la vivienda, zonificamos la azotea según los criterios de diseño aplicados en cuanto al tipo de doble cubierta, ya sean mantas, vegetación natural o sin cubierta, quedando de la siguiente forma: Zona 1 – Área sin doble cubierta y sin cultivos; zona 2 - área con cultivos y doble cubierta de mantas isotérmicas, y zona 3 - área con cultivos y doble cubierta de vegetación natural. Durante el transcurso de marzo se realizaron mediciones de temperatura de la cubierta de la vivienda en estas diferentes zonas; para ello se utilizó un pirómetro laser de la marca *Etekcity lasergrip 800*. Los valores medios de temperatura en la zona 1 se situaron en torno a los 43 °C, llegando a máximas de 52 °C, en contraposición a las zonas 2 y 3,

donde se obtuvieron valores medios en torno a los 29 °C y 27 °C, respectivamente, con máximas de 31 °C y 29 °C. Los valores obtenidos durante las mediciones en el interior de la cubierta se situaron en 2 °C inferior para las zonas 2 y 3 respecto a la zona 1. Nótese esta gran ventaja de nuestro techo verde, pues la instalación logró el descenso de la temperatura incluso en una vivienda colonial con falso techo, el cual funciona como aislante térmico.

### **Alimentos y plantas medicinales cultivadas**

Nuestro techo verde ha permitido la siembra y recolección de varias especies de plantas medicinales, frutas, vegetales y plantas aromáticas como: orégano, cebollino, albahaca, yerba buena, cilantro, culantro, tomates y ajíes según la estación, además de contar con varias plantas ornamentales y con zonas con uva. Con esta última, además de consumirla como fruta, hemos elaborado un vino de mesa artesanal y ecológico. Ver Figs. 14-16.

### **Calidad de vida y estética para la vivienda**

Nuestro techo verde ha incidido positivamente sobre la estética de la vivienda y además, sobre la calidad de vida y el estado de ánimo de sus ocupantes; pues lo que antes era un área en desuso se ha convertido ahora en el punto focal y principal área de estar de la vivienda, ver Figs. 17 y 18. Su utilización varía desde desayunos o comidas hasta realizar reuniones nocturnas con familiares y amigos, o pasar una agradable tarde de lectura y descanso en un ambiente natural, un oasis dentro de la urbe capitalina que permite escapar de la ciudad sin haber salido de casa.



Fig. 13. Área cubierta con vegetación, fuente: elaboración propia.



Fig. 14. Cultivo de tomates y ajíes, fuente: elaboración propia.



Fig. 15. Cultivo de uvas y vino elaborado a partir de las mismas, fuente: elaboración propia.



Fig. 16. Ejemplo de algunas especias y plantas aromáticas cultivadas en nuestro techo verde, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: orégano, cilantro, albahaca, hierba buena y toronjil, Fuente: elaboración propia.



Figs. 17 y 18. Azotea de la vivienda antes y después de la construcción del techo verde, fuente: elaboración propia.

#### 4. Conclusiones

El diseño de la instalación ha demostrado que es posible adaptar los conceptos de techo verde a nuestro país y específicamente a viviendas que, por su diseño, no serían capaces de soportar grandes cargas sobre la cubierta.

Nuestra propuesta de techo verde reafirma la necesidad de utilizar en Cuba techos verdes de doble cubierta, ya que contribuyen a mitigar el intenso sol caribeño, lo cual ha permitido el uso y disfrute de la azotea durante todo el día; estas cubiertas crean zonas con sombra y contribuyen a crear una recirculación de aire natural, manteniendo la azotea fresca sin importar cuán caluroso es el verano.

Los datos obtenidos indican que este tipo de techo verde es capaz de reducir la temperatura interior de la vivienda, de suma importancia para nuestro país dado el tipo de clima que nos caracteriza, además de influir positivamente en el ahorro de electricidad de la vivienda por concepto de climatización.

La instalación ha permitido la siembra y recolección de varias especies de plantas medicinales, frutas, vegetales y plantas aromáticas como: orégano, cebollino, albahaca, yerba buena, cilantro, culantro, tomates y ajíes según la estación, además de contar con varias plantas ornamentales y una zona con uva; con esta última, además de consumirla como fruta hemos elaborado un vino de mesa artesanal y ecológico.

#### 5. Referencias bibliográficas

AGUDELO, PAOLA; MIRIAN KYUNG Y MARÍA JULIANA HURTADO (2013). «Techos verdes: menos gris, más verde». Universidad de Palermo, Argentina. Recuperado de: [https://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/publicacionesdc/vista/detalle\\_articulo.php?id\\_articulo=10472&id\\_libro=506](https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/publicacionesdc/vista/detalle_articulo.php?id_articulo=10472&id_libro=506).

ÁLVAREZ DEL CASTILLO, S. (2017). «La implementación de la Infraestructura Verde Urbana como elemento clave para la adaptación al cambio climático en las ciudades de Filadelfia, México y

Montreal. Una mirada hacia América del Norte». (Tesis de maestría). Canadá: Universidad de Sherbrooke.

BISCIA, R. (2005). «Qué es un techo verde: Beneficios de un techo verde. Techos verdes».

Recuperado de: [http://www.techosverdes.com.ar/que\\_es\\_un\\_techo\\_verde.html](http://www.techosverdes.com.ar/que_es_un_techo_verde.html).

BROOKLYNG BOTANIC GARDEN GUIDES FOR A GREENER PLANET (2012). *Green Roofs and Rooftop Gardens*. Brooklyn, New York, USA: Digital and print media.

CONTRERAS, E. E I. CASTILLO (2015). *Guía de azoteas vivas y cubiertas verdes*. Barcelona, España: Área de Ecología Urbana. Ayuntamiento de Barcelona.

ELI RODRÍGUEZ, M. (s/a). *Techos verdes, ¿una estrategia sostenible en Cuba?* Facultad de Arquitectura, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Ispjae), La Habana, Cuba.

GONZÁLEZ COURET, DANIA (2016). *Techos verdes apropiados para viviendas en La Habana*. Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba.

HAYAS, A.; A. LÓPEZ, D. ESPADA, M. RUIZ DE ADANA, E. MARTÍN-CONSUEGRA, A. PEÑA Y T. VANWALLEGHEM (2015). «Optimizando el potencial de techos verdes para la rehabilitación energética de edificios: interacción entre sustratos reciclados, propiedades hídricas y eficiencia energética». Córdoba, España: Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía.

NOVAK, A. (2016). *The Rooftop Growing Guide. How to transform your roof into a vegetable garden or farm*. New York. USA: Ten Speed Press.

ZIELINSKI, S.; M. GARCÍA Y JUAN VEGA (2012). «Techos verdes: ¿Una herramienta viable para la gestión ambiental en el sector hotelero del Rodadero, Santa Marta?». *Revista Gestión y Ambiente*. 0124(177X),91-104.

Recibido: 20 de diciembre de 2020.

Aceptado: 10 de enero de 2021.

# APLICACIÓN PARA LA EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ELECTRO ENERGÉTICO. HOTEL TRYP CAYO COCO

Por M. Sc. **Arnaldo Molina González\***, M. Sc. **Celia Sánchez Borroto\*\***, M. Sc. **Mayelín Cruz Hidalgo\*\***,  
Ing. **Aleksey González Dugareva\*\*\*** y M. Sc. **Dayton Hernández Tamayo\*\*\*\***

\*Grupo Desarrollo Tecnológico y Soluciones para Sistemas Energéticos (DTSSE)

E-mail: dtseml2017@gmail.com

\*\*Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez.

E-mail: celial@unica.cu

\*\*\*Centro de Bioplantas Ciego de Ávila.

E-mail: lioja@bioplantas.cu

\*\*\*\*Centro de Bioplantas Ciego de Ávila.

E-mail: dayton@bioplantas.cu

## Resumen

Este es un trabajo orientado a elevar el desempeño energético de hoteles e industrias. Se detecta un grupo de deficiencias que afectan el correcto funcionamiento electro-energético de la instalación Hotel Tryp Cayo Coco. Se construyen las bases de datos de consumo y de equipamiento. Con este muestreo se elabora un grupo de elementos de diagnóstico a partir del levantamiento de la totalidad de la carga eléctrica instalada en cuatro escenarios. Se identifican oportunidades técnico organizativas de ahorro, cargas con posibilidades de ser desplazadas en tiempo y las oportunidades de ahorro por cambios tecnológicos. Con esta información se diseña una aplicación como herramienta de consulta para el equipo técnico. Esto hace que de manera fácil y rápida los explotadores puedan revisar sus necesidades, filtrando conceptos. La aplicación en soporte web se instala en los servidores del cliente con códigos abiertos para cualquier actualización que se requiera.

*Palabras clave:* Desempeño electro energético, aplicaciones web, cargas eléctricas, base de datos, oportunidades de ahorro.

---

## APPLICATION FOR EVALUATING ELECTRO-ENERGY PERFORMANCE. HOTEL TRYP CAYO COCO

### Abstract

This is a job aimed at increasing the energy performance of Hotels and Industries. A group of deficiencies are detected that affect the correct electro-energetic operation of the Tryp Cayo Coco Hotel installation. Consumption and equipment databases are built. With this sampling, a group of diagnostic elements is elaborated from the survey of the total installed electrical load in four scenarios. Technical organizational savings opportunities are identified, loads with the possibility of being displaced in time and savings opportunities due to technological changes. With this information an application is implemented as a consultation tool for the technical team. This makes it easy and fast for operators to review their needs, filtering concepts. The application in web support is installed on the client's servers with open source for any update that is required.

*Keywords:* Electro-energy performance, web applications, electrical loads, database, savings opportunities.

---

## I. Introducción

A pesar de ser Cuba un país pequeño con una economía en desarrollo, sus emisiones de CO<sub>2</sub> resultan altas en relación con el suministro total de energía primaria [IEA, 2017]. Es importante entonces que se potencien soluciones tecnológicas y organizativas que logren reducir al mínimo las oportunidades de ahorro.

Los principales consumos energéticos en el país ocurren en sectores muy vinculados con el ambiente construido, como el residencial (49 %), el industrial (27 %), así como los servicios públicos y el comercio (20 %) [SIER, 2017]. Los hoteles cubanos constituyen parte de las edificaciones con mayores consumos energéticos y se considera que cuentan con casi el doble del costo energético con respecto a edificaciones similares en el ámbito internacional [Cabrera, 2016].

A pesar de las aspiraciones nacionales de disminuir el consumo de energía convencional, en Cuba, todavía no se ha planteado una estrategia para reducir el consumo y generar energía en las edificaciones.

El dato de consumo de las edificaciones demuestra que están muy por encima del rango de lo que se considera como edificios eficientes en condiciones parcialmente similares a los casos cubanos [Collado, 2019].

Para establecer un sistema de gestión energética en una empresa, entidad económica o inmueble, se requiere en primer lugar de mecanismos de supervisión y control eficaces [Molina *et al.*, 2011].

Un programa de ahorro de energía en la empresa, consiste en una serie de actividades conducentes a la detección de áreas de oportunidad de ahorro de energía, planteamiento de medidas de ahorro, evaluación técnico-económica de las medidas y finalmente su implantación [Colectivo de autores, 2002].

Este trabajo se propone como un primer paso en función de la adopción de un sistema de gestión electro energética.

Durante los meses de marzo, abril y mayo de 2018 se efectuó por parte del grupo Desarrollo Tecnológico y de Soluciones a Sistemas Energéticos (DTSSE), una intervención a las instalaciones del Hotel Tryp Cayo Coco en Ciego de Ávila.

El objetivo general fue evaluar el desempeño electro energético de la instalación. Se propone entonces diagnosticar de manera integral los sistemas electro-energéticos y para ello se cumplió con:

1. Elaborar el levantamiento de la totalidad de la carga eléctrica instalada en cuatro escenarios: datos de fabricante, datos calculados, carga con tiempo estimado y carga en tiempo real a partir de los datos de consumo y mediciones en todos los regímenes de operación, de la totalidad de las instalaciones.
2. Identificar oportunidades técnico organizativas de ahorro que eleven el desempeño energético de la organización, a partir del conocimiento de los esquemas funcionales.
3. Estudio de acomodo de cargas y oportunidades de ahorro por cambios tecnológicos.
4. Modelación del comportamiento de los inmuebles para cargas de fuerza y cargas de alumbrado.

5. Diagramas de cargabilidad para los equipos de uso significativo de energía.
6. Identificar oportunidades de mejoras electro-energéticas a partir de inversiones y trabajos correctivos y preventivos de intervención a corto plazo.
7. Corrección de asimetría entre fases.
8. Esquemas mono lineales de los principales sistemas electro energéticos.
9. Gráficos y esquemas de comportamiento de los principales parámetros de calidad de la energía: armónicos, potencia reactiva, tensiones, crestas de potencia y consumo, máxima demanda, consumo en pico, etc.

El Hotel Tryp Cayo Coco en Ciego de Ávila pertenece al Ministerio de Turismo e integra el grupo hotelero Cubanacán. Posee tres servicios eléctricos contratados con la UNE. Hotel Tryp Club Caribe I, Hotel Tryp Club Caribe II y bombeo de residuales Tryp Cayo Coco. Este último servicio es compartido con el Hotel Colonial, del cual paga 53 %.

Los tres servicios están incluidos en la tarifa M1A. El primero posee instalado un transformador trifásico con capacidad para 1000 kVA y con demanda máxima contratada actual de 900 kW. El segundo posee un transformador trifásico con 630 kVA de capacidad y demanda máxima contratada actual de 400 kW. El tercero, bombeo de residuales, posee tres transformadores monofásicos de 25 kVA de capacidad cada uno, y demanda máxima contratada actual de 25 kW.

En diagnóstico preliminar del recorrido realizado previo a esta intervención, se detectó un grupo de deficiencias de las cuales se enumeran las más importantes:

Como se aprecia, existe un grupo importante de oportunidades presentes en la instalación. Algunas de estas carencias se asocian al perfil técnico administrativo, o sea, son deficiencias que se pueden resolver sin financiamientos importantes.

Se destaca en este análisis que el esquema de trabajo empleado no cubre todas las necesidades. Este trabajo que se muestra puede constituir el primer paso de este proceso, donde se elabora un diagnóstico profundo de la organización a partir del levantamiento de las cargas instaladas. Se identifican además oportunidades de mejoras y de ahorro.

## II. Materiales y métodos

Como parte del trabajo se elaboró una tabla de demanda de todas las instalaciones de servicio, oficinas, almacenes, talleres, etc. Se construyó entonces la base de datos con todas las cargas electro-energéticas, que fue elaborada de forma que se agrupen las cargas por conceptos de ubicación, tipo de equipo, consumo, tiempo de trabajo estimado, etc. Esta particularidad hace posible entonces que la base de datos sea soportada por un gestor o aplicación informática. Esto logra que de manera fácil y rápida los explotadores puedan revisar sus necesidades filtrando conceptos. Todos los elementos descritos se anexan al informe o se entregan funcionando y con códigos abiertos para cualquier actualización que se requiera por parte del usuario. La aplicación en cuestión es una herramienta

construida por DTSSE. Se puede instalar en los servidores empresariales y ser revisada desde cualquier terminal (PC, móvil, etc.), conectado a la red corporativa. Esta aplicación será perfeccionada y actualizada sin costo adicional para la empresa. Todo el proceso de instalación en servidor y organización de las funcionalidades y accesos también son responsabilidad de DTSSE.

Se muestra la modelación de la demanda para 24 horas de trabajo, la curva teórica muestra el escenario a plena carga calculado, la real muestra lo medido (Fig. 1).

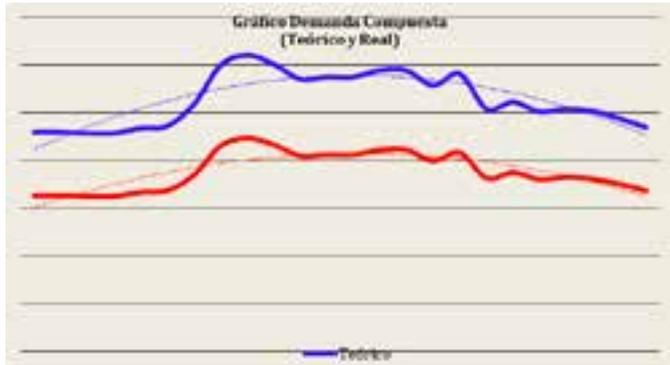


Fig. 1. Modelación en 24 horas de Hotel Tryp Cayo Coco.

Con respecto a la asimetría entre fases, se muestran mediciones realizadas entre los días 11 y 25 de abril a los dos servicios del centro general de Distribución 1 (Figs. 2 y 3).

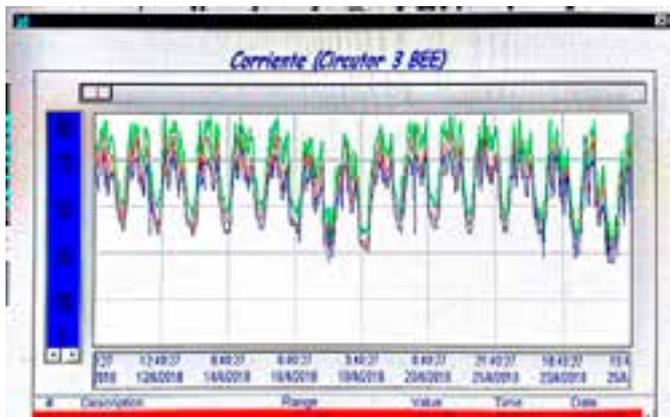


Fig. 2. Medición de intensidades en las tres fases servicio 1 en CGD 1.

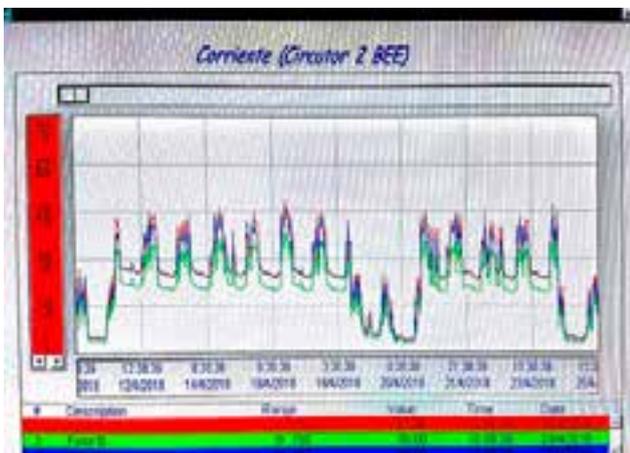


Fig. 3. Medición de intensidades en las tres fases servicio 2 en CGD 1.

Se evidencia un mal comportamiento de la simetría, causado por la deficiente conexión de las cargas monofásicas. Corregir la asimetría mejora la calidad de la energía en la instalación y los índices de fiabilidad.

**Compensación de la potencia reactiva**

Es importante señalar que se entregan también, como parte del trabajo, las bases de datos del comportamiento de cada servicio desde enero de 2015 hasta marzo de 2018.

El equipamiento para la compensación de la potencia reactiva se encuentra en mal estado, por este concepto el hotel ha sido penalizado en varias oportunidades, y de acuerdo al consumo de esta instalación el monto de las penalizaciones no es despreciable.

Se muestra en la figura 4 el comportamiento de la compensación de la potencia reactiva en los tres primeros meses del año en un servicio.



Fig. 4. Situación con la compensación de la potencia reactiva en el servicio TRYP I.

Solo en los tres primeros meses de 2018 el servicio TRYP I fue penalizado por el monto de \$4564,86; si se suma a esto el monto de la bonificación que hubieran recibido en ese mismo período, entonces a esta cifra se le suma el valor de \$6709,81, y la oportunidad de contraer la factura en estos tres meses asciende a \$11 274,67.

*Comportamiento del otro servicio, en el mismo período*



Fig. 5. Situación con la compensación de la potencia reactiva en el servicio TRYP II.

Algo similar con el servicio TRYP II: fueron penalizados en los tres meses por un monto de \$1309,41. Dejaron de ser bonificados por un monto de \$1700,07 y sumando los dos valores, \$3009,48 (Fig. 5).

**Control de la demanda. Procedimiento organizativo tecnológico**

La demanda máxima contratada permanece constante durante todo el año en todos los servicios. Se muestra en los tres servicios la reserva financiera que se paga por encima de la real potencia demandada. Se valoran en gráficos (Figs. 6-11) los datos correspondientes a 39 meses a partir del 1 de enero de 2015.

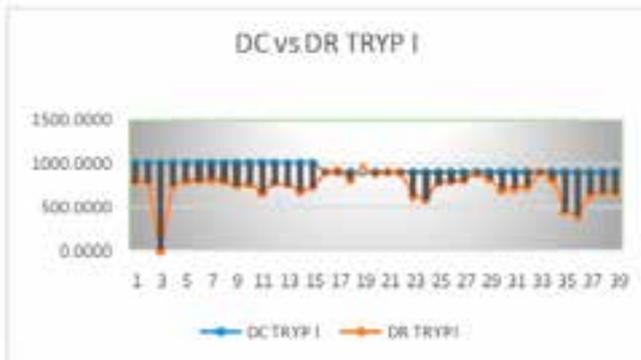


Fig. 6. Comportamiento de la demanda contratada vs. la demanda registrada en el servicio TRYP I.



Fig. 7. Reserva por demanda máxima contratada en el servicio TRYP I.

Nótese los valores que se pagan al contratar valores con reservas, sin tener en cuenta que se pueden contratar dos valores anuales y que en muchos casos los hoteles e industrias tienen períodos de demanda cíclicos que coinciden con el cambio estacional u otras variables.

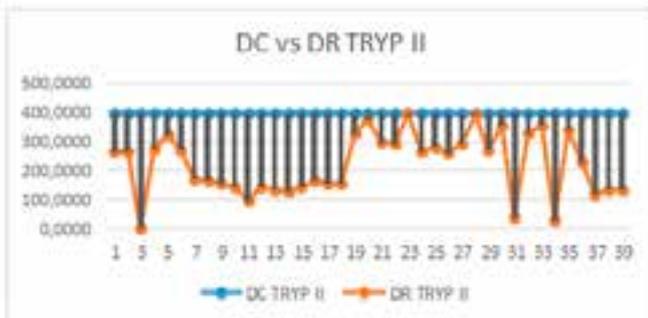


Fig. 8. Comportamientos de la demanda contratada vs. la demanda registrada en el servicio TRYP II.



Fig. 9. Reserva por demanda máxima contratada en el servicio TRYP II.



Fig. 10. Comportamientos de la demanda en el servicio bombeo de residuales.



Fig. 11. Reserva por demanda máxima contratada en el servicio bombeo de residuales.

En los dos primeros casos se debe valorar recontractar con dos valores anuales. Para esto se debe tener muy en cuenta el comportamiento de las variables climatológicas y de la ocupación, en función de poder predecir los picos de potencia. En el tercer caso debe ser ajustado el valor de la demanda contratada.

Un comentario adicional: Se deben crear condiciones tecnológicas y organizativas para lograr la no simultanei-

dad en el arranque de motores, la demanda máxima es la integración en 15 minutos de la suma de las potencias activas. Esto se puede controlar con tecnología y con procedimientos organizativos. Esta magnitud es perfectamente medible para supervisarla y controlarla, es importante y no está en la planificación.

### III. Desarrollo

Estimando que el comportamiento sea similar durante el año (Tabla 1).

Tabla 1. Gastos por concepto de no compensación del factor de potencia en Hotel Tryp.

Nombre	Penalización	Bonificación	Total
Tryp I	18 259,44	26 839,24	45 098,68
TrypII	5237,64	6800,28	12 037,92
Total	23 497,08	33 639,52	57 136,60

#### Cambio tecnológico en los elementos de alumbrado

Si se realiza un cambio tecnológico de luminarias, migrando a la tecnología LED en todo el alumbrado, se reportan también importantes ahorros anuales (Tabla 2).

Tabla 2. Oportunidades de ahorros potenciales por cambio de luminarias.

Luminaria	Ctdad.	kW	Led	Ahorro P	Ahorro \$	Año
Fluorescente 32 W	412	0,032	0,018	5,768	0,8652	3157,98
Fluorescente 18W	188	0,018	0,008	1,88	0,282	1029,3
Halógeno	4	0,1	0,03	3,88	0,582	2124,3
Spotlight	3	0,08	0,012	0,204	0,0306	111,69
					Total	6423,27

#### Cambio tecnológico en climatizadoras o enfriadoras

Entre 60 y 70 % de la electroenergía que se consume en una instalación hotelera de este tipo, está directamente relacionada con la climatización [Borges, 2011]. Los equipos de aire acondicionado centralizado como los utilizados en el Tryp, tienen una alta incidencia en el desempeño electro energético de la instalación.

Los sistemas centralizados por agua helada operan frecuentemente fuera de las condiciones de diseño, existiendo diversas estrategias operacionales para el ahorro de energía [Monteliet, 2010]. Por esto también se deben adquirir tecnologías para climatización que permitan adecuarse a baja explotación.

Las tecnologías actuales han logrado equipamientos que consumen 0,57 kW de energía por cada kW de potencia frigorífica que entregan. En las instalaciones cubanas se ha trabajado con equipamiento de hasta 1,1 kW/kW de refrigeración. En la actualidad se ha generalizado el uso de equipamientos importados que promedian 0,93 kW/kW (Tabla 3).

#### Acomodo de cargas. Propuesta de cambio organizativo

Se valoró el acomodo de cargas a partir de los datos que se fueron incorporando en las tablas de demanda compuesta. Se fue valorando equipo a equipo la posibilidad de desplazar su trabajo del pico hacia el horario de madrugada, el análisis dio como resultado que el hotel puede ahorrar por este concepto \$29,84 diarios, o sea \$895,10 mensuales y \$10 741,26 anuales.

Se debe valorar una modificación funcional importante en el esquema de trabajo de las instalaciones frigoríficas. Existe una importante oportunidad de ahorro al desplazar las cargas de los equipos de refrigeración del horario pico al horario de la madrugada.

#### Cámaras frías

Está demostrado que cuando se trabaja correctamente con las aperturas y cierres de estas cámaras y están en correcto estado técnico, se pueden desconectar cuatro horas al día sin la menor consecuencia. Esto se puede automatizar de manera relativamente sencilla.

#### Introducción de FRE

El país pretende cambiar la matriz energética para disminuir la alta dependencia que se tiene de los combustibles fósiles para la producción de electricidad. Para esto se ha propuesto en pocos años, hasta el 2030, elevar la participación de las Fuentes Renovables de energía FRE de 8 % en la actualidad, a 24 %. La intención es realizar estas inversiones con financiamiento externo pues no existen las finanzas suficientes para establecer estas tecnologías.

En un comienzo la energía fotovoltaica (FV) no podía competir con la generación eléctrica de otras fuentes de generación, pero paulatinamente en forma sostenida fue

Tabla 3. Oportunidades de ahorros potenciales por cambio de enfriadoras de 0,93 a 0,57 kW / kW

Equipos	P(kW)	Horas	Ahorro (kWh)	Precio	Importe	Demanda \$ MES	Demanda \$ AÑO	Total \$
Actual	639,18	4380	2 799 608	0,147	411 542	4474,26	53 691,12	
Eficiente	409,08	4380	1 791 749	0,147	263 387	2863,53	34 362,32	
Ahorros	266,18	4380	1 007 859	0,147	148 155	1610,73	19 328,80	167 484

logrando una decisiva disminución de sus costos que la hacen ya competitiva en la inversión inicial [Stolik, 2017].

Se ha explicado por la alta dirección del país que esta decisión es vital para el desarrollo económico, y que a pesar de que se negocian las grandes inversiones en fuentes renovables de energía a nivel de estado, los diferentes ministerios pueden tramitar la adquisición de sistemas medianos o pequeños.

En los casos donde las instalaciones se coloquen sobre estructuras a dos aguas con un ángulo de inclinación de 15 grados, el aprovechamiento del terreno es total, o sea, 100 % [Bérriz, 2019].

Se presenta la propuesta de 14 baterías fotovoltaicas de 35 kWp conectadas a red que lograrían asumir 34,3 % del gasto electro energético de la entidad, reduciendo la factura de electricidad en \$283 065,54 CUC anuales.

El Hotel Tryp tiene un área de cubiertas adecuadas física y estéticamente, para la instalación de paneles fotovoltaicos, de 3977 m<sup>2</sup>. Por margen de trabajo útil se calcula que el área neta es de 3579 m<sup>2</sup>. En este espacio se pudieran instalar 490 kWp.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Alto rendimiento energético anual gracias a la tecnología MPPT (*Maximun Power Point Tracking*) en cada inversor y el desacople entre la generación fotovoltaica y el consumo.
- Control y gestión eficaz del sistema, gracias a la herramienta de Supervisión instalada en una PC, que permite conocer el estado y producción del sistema vía Ethernet en tiempo real.
- El empleo de componentes de alta calidad y eficiencia.
- Reducción significativa del costo de la factura eléctrica anual.
- Un sistema robusto y con mínimo costo de mantenimiento.
- Un impacto favorable sobre el medioambiente y una bella imagen ecológica al Hotel.
- Un tiempo de vida útil del sistema de 20 años como mínimo. Al devenir auto productor le permite actuar según su interés y optimizar la gestión de su consumo, y a la vez adquiere una nueva experiencia rentabilizando la superficie de sus techos.

#### Resultados:

Consumo anual del TRYP 2017 kWh/año: 5 183 558  
 Gasto anual en electricidad \$/año: 825 115  
 Producción anual media esperada de los sistemas FV kWh/año: 1 778 280  
 Participación del sistema FV respecto al consumo anual: 34,3 %  
 Impacto económico  
 (Ahorro por pago de electricidad) \$/año -283 065  
 Retorno de la inversión: 4 años

Aprovechar las principales oportunidades de ahorro identificadas y lograr la instalación de baterías fotovoltaicas significa para el Tryp:

Gasto anual.....\$825 115,00  
 Reservas.....\$380 873,00                      46 %

Baterías.....\$157 808,00                      19 %  
 Totales.....\$538 681,00                      65 %

#### IV. Conclusiones

Se logra evaluar el desempeño electro energético de la instalación hotelera y proponer los cambios requeridos para maximizar las oportunidades de ahorro.

Esta evaluación de desempeño, con su aplicación asociada pueden ser valoradas como un primer paso en función de un sistema de gestión energética.

#### V. Referencias bibliográficas

- IEA (2017). *IEA Energy Atlas* [en línea]. s. d. [Consulta: octubre 2019]. Disponible en Web: <https://www.iea.org/statistics/ieaenergyatlas>
- SIER (2017). *Matriz de electricidad*. [en línea]. s. d. [Consulta: octubre 2019]. Disponible en Web: <http://sier.olade.org/consultas/tablero-matriz-electricidad>.
- CABRERA, GORRÍN, OSMEL (2016). «Reflexiones sobre el consumo energético en el sector turístico cubano». Disponible en // [www.ilustrados.com/tema/2897](http://www.ilustrados.com/tema/2897). [Consulta: junio 2020].
- COLLADO, BALDOQUÍN, NATALÍ (2019). «Hoteles de consumo energético casi nulo. Potencialidades y restricciones para Cuba». En *Eco Solar*, No. 69 / 2019, revista científica de las fuentes renovables de energía julio-septiembre, 2019. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN-1028-6004, RNPS-2220.
- MOLINA, GONZÁLEZ, ARNALDO ET AL. (2011). «Implicaciones energético-económicas de la espontánea gestión tecnológica en los hoteles turísticos del polo Jardines del Rey». Revista electrónica *TURyDES, Turismo y Desarrollo Local* (ISSN: 1988-5261), indexada en RePEc, Latindex, C.I.R.E.T. <http://www.eumed.net/turedes/index.htm>. Mayo de 2011.
- COLECTIVO DE AUTORES (2002). *Gestión Energética Empresarial*. Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente. Universidad de Cienfuegos, Cuba. ISBN 959-257-040-X. Editorial Universidad de Cienfuegos, 2002. Disponible [www.scribd.com/doc/52877066/Libro-Gestion-Energética-Empresarial](http://www.scribd.com/doc/52877066/Libro-Gestion-Energética-Empresarial).
- BORGES, DAVEL (2011). «Hacia un indicador de consumo de energía eléctrica más efectivo en hoteles del grupo Cubanacán de la provincia de Camagüey». *Ingeniería Energética*. vol. XXXII, n. 1/2011, p 35-42. ISSN 1815 – 5901.
- MONTELIER, HERNÁNDEZ, SERGIO (2010). «Estrategias operacionales para el ahorro de energía en sistemas centralizados de climatización por agua helada de hoteles turísticos». *10 Retos Turísticos* Vol. 9, No 1, 2010.
- STOLIK, NOVYGRÓD, DANIEL (2017). «Los costos de la energía fotovoltaica (FV)». En *Eco Solar*, No. 60 / 2017, revista científica de las fuentes renovables de energía de abril-junio, 2017. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN-1028-6004, RNPS-2220.
- BÉRRIZ, PÉREZ, LUIS (2019). «La producción de electricidad en sistemas fotovoltaicos colocados sobre estructuras o techos a dos aguas». En *Eco Solar*, No. 68 / 2019, revista científica de las fuentes renovables de energía de abril-junio, 2019. La Habana: Ed. Cubasolar. ISSN-1028-6004.

Recibido: 20 de diciembre de 2020.  
 Aceptado: 10 de enero de 2021.