

## CONTENIDOS

### Ámbito Nacional

Profesionales de la Corporación Nacional Eléctrica de Ecuador (CNEL), se capacitan en Cuba

CIER 2015: Proyecta Cuba desarrollo energético sostenible

### Globales

La española SENER inicia las obras de las centrales solares Noor II y Noor III de Ouarzazate, Marruecos

Energías renovables en Chile: Abengoa avanza con termosolar Atacama 2

Primer centro de pruebas completas para colectores solares en Centroamérica

AENOR publica una norma para verificar el funcionamiento de las centrales termosolares

### La Propuesta del Mes

Posibilidades de desarrollo del empleo de la energía solar en la producción de frío en las condiciones de Cuba



#### ¡ IMPORTANTE

La información que se publica en el boletín no es responsabilidad de la editorial CUBAENERGÍA.

## EDITORIAL

*Estimado lector:*

*El boletín [renovable.cu](http://renovable.cu) tiene el placer de dedicar una nueva edición a la energía solar térmica.*

*Sin dudas, el panorama nacional de conocimiento de la temática ha cambiado. El aprovechamiento de la energía solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria es hoy una tecnología bien conocida no solo en los sectores turísticos, sino en otros donde se han instalados estos dispositivos como hospitales, círculos infantiles, hogares de ancianos, etc. y se ha demostrado que es una alternativa real para aprovisionar de energía a millones de hogares, como una de las soluciones a la necesidad del uso de fuentes renovables de energía para sustituir combustibles fósiles, y por otro, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero responsables del cambio climático actividad.*

*Gracias a la voluntad del gobierno, el país apuesta por otras aplicaciones de la energía solar térmica como la concentración, la refrigeración y climatización, el secado solar y la destilación solar. Estas aplicaciones permiten aprovechar la energía del sol, a pesar de las dificultades por la dispersión y el carácter incontrolable y variable en el tiempo de la intensidad de radiación solar. Las posibilidades técnicas del aprovechamiento térmico de la radiación solar como fuente energética son muchas, si se tiene en cuenta que en la práctica se pueden lograr temperaturas hasta 4000 °C por medio de la concentración de esta radiación.*

*Esperamos que este número le resulte útil e interesante y aprenda más sobre la energía solar térmica.*

*Manuel Álvarez González  
Director de Cubaenergía*

### REDACCIÓN [renovable.cu](http://renovable.cu)

CUBAENERGÍA, Calle 20 No 4111 e/ 18A y 47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, CUBA. Teléfono: 206 2064. [www.cubaenergia.cu/](http://www.cubaenergia.cu/)

Consejo Editorial: Lic. Manuel Álvarez González / Ing. Anaely Saunders Vázquez. Redactor Técnico: Ing. Antonio Valdés Delgado. Edición: Lic. Dulce María Medina García

Compilación: Grupo de Gestión de Información. Maquetación: Ing. Irayda Oviedo Rivero Diseño: D.i. Miguel Olano Valiente. Traducción: Lic. Odalys González Solazabal. RNPS 2261



## PROFESIONALES DE LA CORPORACIÓN NACIONAL ELÉCTRICA DE ECUADOR (CNEL), SE CAPACITAN EN CUBA

25/05/2015

Anaely Saunders. CUBAENERGÍA

El domingo 26 de abril, arribaron a Cuba, 10 ingenieros e ingenieras de la Corporación Nacional Eléctrica de Ecuador (CNEL), para en 4 semanas, recibir, impartido en su mayoría por investigadores y especialistas de CUBAENERGÍA, un curso introductorio sobre las fuentes renovables de energía, la comunicación e información en energía y las tecnologías para mitigar el cambio climático.

Por CUBAENERGÍA impartieron conferencias:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| -Dr. Antonio Valdés    | -MSc. Alina Martínez   |
| -Dr. Oscar Jiménez     | -MSc. Anaely Saunders  |
| -Dr. David Pérez       | -Lic. Miriam Amado     |
| -Dr. Wenceslao Carrera | -Lic. Manuel Álvarez   |
| -Dr. Iván Relova       | -Ing. Antonio González |
| -Dr. Alfredo Curbelo   | -Ing. Enrique Siu      |

Se contó además con la participación de otros especialistas e investigadores de instituciones nacionales de alto prestigio:

- Dr. Daniel Stolik- Universidad de La Habana
- MSc. Mariana Saker- CITMATEL
- Ing. Guillermo Leyva-Empresa de Proyectos INEL-UNE
- Ing. María del Carmen Delgado-Empresa de Proyectos INEL-UNE
- Ing. Ramón Hidalgo –Director de Inversiones de la Empresa HIDROENERGÍA
- Dr. Orlando Rey- Dirección de Medio Ambiente del CITMA

La clausura del curso fue el 22 de mayo pasado



## CIER 2015: PROYECTA CUBA DESARROLLO ENERGÉTICO SOSTENIBLE

28/05/2015

Foto: César A. Rodríguez

<http://www.trabajadores.cu/20150528/cierc-2015-proyecta-cuba-por-desarrollo-energetico-sostenible/>

Cuba mostró sus avances y proyectos para lograr un desarrollo energético sostenible durante las sesiones de la VIII Conferencia Internacional VIII Conferencia Internacional de Energía Renovable, Ahorro de Energía y Educación Energética (CIER 2015), que finalizó este jueves en el capitalino Palacio de Convenciones. En declaraciones a la prensa, la doctora Tania Carbonell Morales, presidenta del comité organizador del cónclave destacó que esta edición es la mayor de en comparación con las de su tipo celebrada hasta la fecha dada la

alta participación de delegados cubanos y extranjeros procedentes de México, Brasil, Ecuador, Colombia, España, Francia, Alemania, Guinea Ecuatorial e Israel, entre otras naciones, así como por la diversidad de temas examinados.

En las tres jornadas de CIER 2015 sesionaron talleres internacionales sobre el uso del hidrógeno como combustible alternativo, las energías eólicas y fotovoltaicas. Estas dos últimas vertientes son las más consolidadas en el país, por lo que el intercambio con especialistas y la visualización del mundo contribuirán a dar un salto significativo para nuestra prospección futura, dijo la también directora del Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER). Agregó que los objetivos de CIER 2015 fueron sobrecumplidos y también abordaron temáticas como el uso de la biomasa y biocombustibles, la educación y cultura energética. Se refirió a la presencia de compañías extranjeras como la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés), Gamesa, Zafiro y Odebrech, las cuales propiciaron el intercambio con entidades cubanas.

## Globales



### LA ESPAÑOLA SENER INICIA LAS OBRAS DE LAS CENTRALES SOLARES NOOR II Y NOOR III DE OUARZAZATE, MARRUECOS

28/05/2015

<http://www.africainfomarket.org/item/17811-sener-inicia-las-obras-de-las-centrales-solares-noor-ii-y-noor-iii-de-ouarzazate-marruecos>

La compañía tecnológica vasca Sener inicia, a partir de un contrato ganado en Marruecos por más de 500 millones de euros, la construcción de las centrales de energía solar termoeléctricas Noor II y Noor III. Ambas formarán parte, junto con Noor I, del mayor complejo termosolar del planeta, con capacidad de generación de 510 megavatios de potencia.

Tras ser responsable en consorcio de la construcción hasta la puesta en marcha de la central Noor I, Sener, ha ganado recientemente el contrato para realizar con SEPCO III, la construcción de las fases Noor II y Noor III. En este trabajo, dice un comunicado de la empresa, Sener y sus socios llevarán a cabo toda la ingeniería, la construcción y la puesta en marcha, por lo que la firma va a completar las tres fases termosolares del proyecto Noor, pues Noor IV será una planta con tecnología fotovoltaica.

El complejo, situado en las inmediaciones de la ciudad marroquí de Ouarzazate, se compone de cuatro plantas, tres de ellas dotadas de tecnología termosolar desarrollada al 100 % por Sener.

La primera, Noor I, de 160 MW, que entrará en funcionamiento este mismo año, está dotada de captadores cilindroparabólicos diseñados y patentados por la propia empresa. Por lo que respecta a la construcción de Noor II, la planta tendrá instalada la segunda generación de captadores de Sener y contará con 200 MW. Por último, Noor III, de 150 MW, empleará la configuración de torre central con receptor de sales, aplicada con

anterioridad por la compañía en la planta Gemasolar, en Sevilla.

En todos los casos, las plantas incorporan un sistema de almacenamiento en sales fundidas que les posibilitará producir electricidad en ausencia de radiación solar, precisa la nota de Sener.

### **Tecnologías propias**

Miguel Domingo, directivo de la firma tecnológica ha manifestado que "Sener participa en ingeniería y construcción de grandes plantas solares termoeléctricas donde aplica soluciones tecnológicas propias que reportan grandes ahorros en costos y mejoras significativas de eficiencia".

Hoy Sener es una empresa líder en energía solar termoeléctrica, tanto por el número de proyectos en cartera -29 hasta la fecha, en su mayoría construidos en España, EEUU, Sudáfrica y Marruecos- como por el desarrollo e incorporación de soluciones tecnológicas con patentes propias.

En total representan más de 2000 MW de potencia instalada y un ahorro superior al millón de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. Solo las tres plantas construidas por la empresa en Marruecos evitan la emisión de 450 000 toneladas anuales, concluye explicando el comunicado de la compañía vasca.



### **ENERGÍAS RENOVABLES EN CHILE: ABENGOA AVANZA CON TERMOSOLAR ATACAMA 2**

27/05/2015

<http://www.evwind.com/2015/05/27/abengoa-obtiene-la-aprobacion-ambiental-para-la-termsolar-atacama-2/>

El complejo de energías renovables Atacama 2 contará con una termosolar de torre de 110 MW y una central de energía solar fotovoltaica de 100 MW, que incorporará un sistema de almacenamiento térmico capaz de generar electricidad durante 15 horas. Abengoa ha obtenido la aprobación ambiental para Atacama 2, complejo de energía solar de 210 MW que se ubicará en la comuna de Sierra Gorda, en la II Región de Antofagasta (norte de Chile).

La Resolución de Calificación Ambiental otorgada por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) ha considerado ámbitos como el uso del suelo, el agua, la contribución a la reducción de emisiones y el manejo residuos del proyecto.

El comienzo de la construcción del proyecto está previsto en los próximos dos meses. Atacama 2 generará 2000 empleos en su etapa más alta de construcción.

El diseño sigue el modelo de Atacama 1, actualmente en construcción en la comuna de María Elena, II Región de Antofagasta (norte de Chile) y que incorporará la primera planta de energía termosolar de América Latina con 17.5 horas de almacenamiento. Atacama 1 contará, del mismo modo con una planta fotovoltaica de 100 MW.

Ambos proyectos disponen de un sistema pionero de almacenamiento térmico en sales fundidas diseñado y desarrollado por Abengoa, lo que otorga a esta tecnología un alto grado de gestionabilidad, pudiendo suministrar electricidad de forma estable 24 horas al día y permitiendo responder a todos los periodos de demanda de consumo energético. Estas plantas, asimismo, contarán con un sistema de gestión de la energía producida con

ambas tecnologías -termosolar y fotovoltaica-, que supondrá un nuevo avance en la integración de las energías renovables en la red eléctrica mediante la incorporación de este servicio auxiliar al gestor de la red eléctrica.

La aprobación de este segundo complejo solar supone un avance para Abengoa en su objetivo de convertirse a largo plazo en uno de los principales generadores de energía en Chile.

Abengoa está presente desde 1987 en Chile, país en el que ha desarrollado numerosos proyectos para compañías mineras, empresas eléctricas, de comunicaciones y del sector industrial, en general.

Actualmente Abengoa cuenta con una capacidad instalada de tecnología termosolar de 1.603 MW en operación comercial, 360 MW en construcción y 320 MW en desarrollo en el mundo



## PRIMER CENTRO DE PRUEBAS COMPLETAS PARA COLECTORES SOLARES EN CENTROAMÉRICA

05/05/2015

<http://www.pse.de/cms/de/aktuelles/press-room/mai-2015.html>

PSE AG Ofrece Centro de Pruebas de Costa Rica

PSE AG ha anunciado hoy que ha entregado un centro de pruebas de llave en mano para colectores térmicos y sistemas hechos de fábrica a la empresa de energía estatal Grupo ICE en Costa Rica. El centro de pruebas consta de varias instalaciones de prueba para medir el rendimiento y la fiabilidad de los colectores y sistemas de energía solar térmica. Los principales componentes del centro de pruebas son nuevo simulador de PSE SORAS-ST6 estado estacionario solar, un probador de carga mecánica, así como una lluvia y probador de choque térmico.

El centro de pruebas está diseñado para poner a prueba los colectores y sistemas de interiores y exteriores de acuerdo con todas las normas internacionales pertinentes, como la ISO 9806 e ISO 9459-5.

"Este centro de pruebas es único en América Central. Grupo ICE tomará ventaja de obtener todos los equipos de una sola fuente. El alto grado de automatización garantiza resultados repetibles a nivel internacional ", explica Jan Steinmetz, director del proyecto en el PSE AG en Freiburg, Alemania. Virgilio Jiménez Valverde, coordinador general del Laboratorio de Eficiencia Energética en el Grupo ICE también acoge con satisfacción la puesta en marcha del centro de pruebas: "Vemos un gran potencial para sistemas solares térmicos en Costa Rica y toda Centroamérica. El mercado está desarrollando y es importante contar con productos de calidad en el mercado. Estamos muy orgullosos de que podemos probar y aprobar la calidad de los productos para nuestros clientes+.

El corazón del centro de la prueba es el nuevo estado estacionario simulador solar SORAS-ST6 para probar colectores solares térmicos independientemente del clima y la temporada. Totalmente automatizado, determina la curva de potencia y la eficiencia de los colectores solares térmicos. Para simular la irradiación seis lámparas de halógenos

metálicos solares están en operación. Junto con el cielo artificial el simulador genera al aire libre como la irradiación.

Otro componente importante del centro de pruebas es la mecánica probador de carga MLT12 del PSE AG, que simula las cargas estáticas y dinámicas en los colectores térmicos. Doce cilindros neumáticos con ventosas de vacío ejercen ambas cargas de compresión y tracción en muestras de ensayo.

La lluvia y térmica RAST probador de choque es un banco de pruebas de tres en uno, que cubre las pruebas de choque interno y externo, así como pruebas de penetración de lluvia.

El equipo suministrado por PSE AG es parte de un proyecto integral que también incluye el análisis de la eficiencia energética de las lavadoras, calentadores de agua domésticos y refrigeradores comerciales, hornos eléctricos de uso doméstico, motores eléctricos de hasta 50HP, y todo tipo de fuentes de luz. Capris Ingeniería actuó como contratista general y desarrollador del proyecto completo.

La acreditación del centro de pruebas de conformidad con la norma ISO 17025 está actualmente en curso. Medidas comparativas con el Instituto Fraunhofer de Energía Solar ISE en Friburgo, Alemania ya han confirmado que el centro de pruebas de entrega nacional e internacional tiene resultados comparables.



## AENOR PUBLICA UNA NORMA PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE LAS CENTRALES TERMOSOLARES.

04/2015

<http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=10814>

Supondrá una guía eficaz para el sector, tanto para verificar el funcionamiento de las centrales ya operativas en España como aquellas que están en fase de construcción en EEUU, Marruecos y Sudáfrica, entre otros países.

Define el procedimiento para verificar las principales prestaciones de las centrales termosolares que usan la tecnología de captadores cilindroparábolicos, que son actualmente la gran mayoría (de las 50 centrales operativas en España, 45 usan esta tecnología).

Las prestaciones verificadas son energía solar radiante disponible, consumos de electricidad, producción eléctrica neta, aporte de energía no solar y rendimiento neto de la central.

La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) ha publicado la Norma UNE 206010 Ensayos para la verificación de las prestaciones de las centrales termosolares con tecnología de captadores cilindroparábolicos, que define el procedimiento para verificar las principales prestaciones de las centrales termosolares que usan esta tecnología.

Se trata de la primera norma española para centrales termosolares con tecnología de captadores cilindroparábolicos, que son actualmente la gran mayoría (de las 50 centrales termosolares existentes en España, 45 usan esta tecnología). En concreto, esta norma hace referencia a las siguientes prestaciones: energía solar radiante disponible, consumos

de electricidad, producción eléctrica neta, aporte de energía no solar y rendimiento neto de las centrales termosolares.

El procedimiento de verificación establecido en la UNE 206010 permitirá no solo verificar las prestaciones de nuevas centrales, lo que supone una valiosa ayuda para las pruebas de aceptación de estas, sino que también permite verificar el funcionamiento de centrales ya operativas, lo que ayudará a detectar posibles problemas de funcionamiento que estén afectando su rendimiento. De este modo se puede hacer un seguimiento de las prestaciones de la central a lo largo de su vida útil. Además, ayudará a aquellas que están en fase de construcción en otros países como EEUU, Marruecos o Sudáfrica.

## Eventos

---



### CURSO ESPECIALIZADO PARA ARQUITECTOS E INGENIEROS

Lugar: Empresa de Proyectos INEL ave. 23 No. 105 entre calle O y P, Vedado

Fecha: 8/6/2015- 9/6/2015

Horario: de 9:00 a.m. a 1:00 p.m.

Precio: \$ 200,00 CUP

#### ***¿Qué estamos ofertando?***

Brindar el mínimo de conocimientos necesarios de transferencia de calor y ventilación, para mejorar la eficiencia energética en los edificios climatizados, con un curso ágil, ameno, de corta duración sin perder profundidad, que ha sido preparado para:

**Arquitectos, proyectistas generales, administradores de proyectos, inversionistas y energéticos; ingenieros de cualquier especialidad vinculados con la refrigeración y la climatización.**

#### ***Antecedentes***

Desde hace más de una década hemos venido trabajando en la gestión del desempeño energético, como uno de los principales elementos para el ahorro y la conservación de la energía, por su influencia en los problemas medio ambientales y su repercusión en el uso de las energías renovables.

#### ***Objetivos del curso***

Dar los elementos de cálculo y las soluciones para la protección de la envolvente del edificio a la radiación solar, la transferencia de calor, el apantallamiento. Optimizar las instalaciones de refrigeración y climatización. El uso de la ventilación natural y convectiva.

#### ***Resultados esperados***

Que el personal que diseñe, elabore o participe en la idea conceptual de un proyecto, una obra, una inversión, tenga la cultura y la posibilidad de optimizar los edificios climatizados desde el punto de vista de la carga térmica estimada.



## **SOLAR SOUTH' 2015**

País: India  
 Lugar: Chennai  
 Fecha: 19/06/2015- 21/06/2015  
 Fuente: [www.solarsouth.in](http://www.solarsouth.in)

E-mail [solarsouth@smartexpos.in](mailto:solarsouth@smartexpos.in)  
 Energía solar fotovoltaica, térmica y calentamiento de agua



## **INTERSOLAR NORTH AMERICA 2015**

País: Estados Unidos  
 Lugar: San Francisco, California  
 Fecha: 14/07/2015- 16/07/2015

Fuente: [www.intersolar.us](http://www.intersolar.us)  
 E-mail [brade@intersolar.us](mailto:brade@intersolar.us)  
 Energía solar fotovoltaica, térmica y calentamiento de agua



## **INTERSOLAR SOUTH AMERICA 2015 - EXHIBITION & CONFERENCE**

País: Brasil

Lugar: Sao Pualo  
 Fecha: 01/09/2015- 03/09/2015  
 Fuente: [www.intersolar.net.br](http://www.intersolar.net.br)  
 E-mail [engelhard@solarpromotion.com](mailto:engelhard@solarpromotion.com)  
 Página web  
 Energía solar fotovoltaica, térmica y calentamiento de agua



## **SOLAR ASIA 2015**

País: Malasia  
 Lugar: Kuala Lumpur  
 Fecha: 09/09/2015- 11/09/2015

Fuente: [www.ecobuildsea.com/solar-asia-expo](http://www.ecobuildsea.com/solar-asia-expo)  
 E-mail [vanessa\\_wong@wesexpo.com.cn](mailto:vanessa_wong@wesexpo.com.cn)  
 Energía solar fotovoltaica, térmica y calentamiento de agua

---

## POSIBILIDADES DE DESARROLLO DEL EMPLEO DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA PRODUCCIÓN DE FRÍO EN LAS CONDICIONES DE CUBA

Lic. Wilfredo Pérez Bermúdez; Ing. Jesús M. Iglesias Ferrer  
Empresa de Refrigeración, Calderas y Medios de Pesaje. Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables. ISPJAE. [ingenier@alastor.cu](mailto:ingenier@alastor.cu); [wilfredo@alastor.cu](mailto:wilfredo@alastor.cu); [jiglesias@alastor.cu](mailto:jiglesias@alastor.cu)  
Teléfonos: Pizarra: (537) 698-5124, Directo: (537) 699-1966  
[http://www.alastor\\_ingenieria.cubaindustria.cu](http://www.alastor_ingenieria.cubaindustria.cu)

El empleo del calor obtenido de captadores solares en la alimentación directa de máquinas enfriadoras por absorción para la producción de agua fría destinada a la climatización de locales ha tenido un ligero desarrollo en los últimos 40 años con aplicaciones a instalaciones a partir del desarrollo de captadores solares, que logran temperaturas de más de 100 °C primero y de captadores solares concentradores que después permiten temperaturas de 200°C o más. El empleo en Cuba de esta tecnología aun no logra ninguna experiencia, por lo que este trabajo pretende demostrar la factibilidad para la iniciación y mostrar la vía apropiada para hacerlo teniendo en cuenta el actual estado del arte, las condiciones climáticas del territorio y los potenciales receptores de este tipo de instalaciones.

En particular se proponen los rangos de potencia a lograr, los tipos de colectores solares a emplear, el principio de transporte y acumulación del calor y frío, las condiciones que debe reunir el lugar para la instalación para una primera y segunda etapa de desarrollo y la interrelación entre el sistema de enfriamiento por absorción y el sistema convencional de enfriamiento existente en los lugares como apoyo o complemento, y por último el empleo de calores residuales para otros fines como vía para disminuir los tiempos de recuperación de la inversión.

### 1.- Introducción

En los últimos años en Cuba se han sucedido intentos por lograr una instalación solar térmica para alimentar maquinas enfriadoras por absorción de BrLi-agua, para la obtención de frío en la climatización de locales, sin fructificar ninguno, debido a diversos motivos de enfoque del problema. Entre ellos hemos conocido los intentos de climatización del Almacén de Medicamentos de Matanzas ubicado en la antigua Rayonera, el del edificio del MIC, del Almacén de Medicamentos de San José, y del Hotel Habana Riviera. En lo que sigue, pretendemos resumir las bases a considerar para el logro de una primera aplicación que resulte de interés práctico, a la vez que sirva como proyecto evaluativo del empleo de esta tecnología en las condiciones técnicas y económicas cubanas y permita tomar decisiones posteriores para su generalización en nuevos proyectos.

Históricamente los plazos más prolongados de recuperación de las inversiones que utilizan energía solar térmica, han sido una de las limitaciones que los proyectistas han tenido que enfrentar al plantearse nuevas aplicaciones, sobre todo, debido a que muchos inversionistas pretenden lograr iguales plazos que con instalaciones convencionales. Al aumentar la complejidad de las aplicaciones con tecnologías más costosas, esto las pone en desventaja a la hora de lograr los financiamientos necesarios y este es el caso de la climatización solar, cuyos tiempos de recuperación oscilan entre los 8 y 12 años, pero con una vida útil de más de 20 en la parte solar y más de 30 en la máquina de frío.

Una serie de factores técnicos, económicos, climáticos, logísticos y hasta factores subjetivos se han de tener en cuenta para lograr el adecuado enfoque de la solución al problema, conservando la visión de conjunto:

- Balance energético.
- La edificación y la distribución de frío.
- Selección de la máquina de absorción apropiada.
- Selección del tipo de colectores apropiados.
- Sistema actual y su interrelación con el solar.
- Aprovechamiento de energía calorífica residual.
- Control automático de la instalación.

## 2.- El ABC de la climatización solar

---

A continuación precisaremos algunos parámetros energéticos generales de este tipo de aplicación.

Entre las máquinas enfriadoras por absorción con BrLi-agua, como sustancia de trabajo, encontramos las de simple efecto que necesitan una temperatura del orden de los 88 °C y se logra un COP de 0.6-0.7. En las máquinas de doble efecto se logra un COP de 1.3, pero requieren una temperatura de 170 -180 °C. Estas enfriadoras se emplean con éxito aprovechando calores residuales de procesos, pero ¿Cómo utilizarlas con éxito con la energía solar como fuente calorífica, conociendo que su densidad es relativamente baja? Aquí radica el principal problema: se requieren áreas relativamente extensas para captar la energía necesaria.

Las enfriadoras de simple efecto son capaces enfriar por cada tonelada de refrigeración un caudal de 0.55 m<sup>3</sup>/h/Tr de 12 °C a 7 °C , para lo cual necesitan un caudal de agua caliente de 0.86 m<sup>3</sup>/h/Tr, que cede calor al proceso, enfriándose de 88 °C a 83 °C, comportándose de manera bastante lineal con el aumento de la capacidad de la máquina, lo que significa que por cada tonelada de refrigeración instalada (3.515 kW) se requieran 5 kW en forma de agua caliente a 88 °C, de donde se infiere globalmente, en términos de energía, que si la instalación se utiliza 8 horas al día se requieran 40 kWh, si se utiliza 12 horas al día se requieran 60 kWh, y si se utiliza 24 horas al día se requieran 120 kWh por cada tonelada de refrigeración instalada.

El empleo de fuentes renovables de energía como sustitución de fuentes convencionales en sistemas o procesos comunes requiere del análisis de la dinámica del proceso. En particular en el caso solar esta dinámica del proceso tiene por lo general un ciclo de 24 horas junto con el sol. Debido a la variabilidad natural de la radiación solar y de la cantidad de energía disponible, según las condiciones climáticas de cada día y época del año, es claro que pensar en un 100 % de solución del problema con energía solar requerirá, en los procesos que se suceden día a día, de enormes capacidades de acumulación para cubrir las horas y/o días sin sol. De este modo encontramos que cada aplicación en particular tendrá su nivel óptimo de aportación solar anual que la hará rentable. En las condiciones cubanas encontramos por ejemplo, que para la producción de agua caliente sanitaria los aportes solares anuales, entre un 60 % y 80 %, tendrán los mejores tiempos de recuperación de la inversión y los mejores rendimientos anuales. Ahora la pregunta es ¿qué aporte solar anual será significativo y económicamente viable para esta aplicación? Aquí es importante tener en cuenta que el empleo de la energía solar en la climatización, de acuerdo con su comportamiento estacional, es una aplicación favorable, es decir, que los mayores valores de radiación coinciden con los mayores requerimientos de

climatización, al contrario de lo que ocurre en el caso de la producción de agua caliente sanitaria que cuando menores son las temperaturas del agua a calentar también es menor la radiación solar. Este comportamiento estacional también es válido en el día, cuando los picos de carga térmica se presentan desplazados una hora después de los picos de radiación.

La radiación solar en Cuba varía estacionalmente con acumulados diarios promedios entre 4 y 6.5 kWh/m<sup>2</sup> y valores instantáneos máximos que alcanzan hasta los 1.15 kW/m<sup>2</sup> en planos normales al sol. Cuba es una isla con clima tropical y por tanto, el comportamiento nuboso es elevado comparado con los climas continentales. En verano, de junio a agosto, las horas de mayor nubosidad suceden después de las 3 p.m. y en invierno, de diciembre a febrero, varía según la incidencia de los frentes fríos. Los meses de marzo a mayo son muy soleados prácticamente todo el día sin nubes. Los meses de septiembre a noviembre son similares a los de verano. Los estimados indican que unas 960-1040 horas al año como promedio se podrían aprovechar, lo que nos lleva a que un 30 % de la demanda puede ser cubierta, para un régimen de 8 horas diarias de climatización coincidentes con la salida y puesta del sol.

### 3.- Tipos de captadores solares a emplear

Los captadores solares a utilizar dependen del tipo de enfriadora. Las de doble efecto que trabajan a temperaturas de 170°C requieren de colectores focales, es decir, con seguimiento continuo, entre los que sobresalen los cilindros parabólicos y los lineales de Fresnel. Para máquinas de simple efecto se podrán lograr los 90 °C requeridos con colectores de alta eficiencia que no requieren orientación continua ni siquiera estacional. Entre ellos se encuentran los CPC, los de tubos al vacío, las combinaciones de estos dos primeros, otros captadores del tipo plano de doble vidrio y altos espesores de aislamiento. Serán suficientes captadores que en el rango de radiación de 600 a 1200 W/m<sup>2</sup> y temperatura media de 90 °C, con temperatura ambiente de 27 °C y viento de 5 m/s, alcancen eficiencias superiores al 55%. La siguiente tabla compara la eficiencia de varios colectores bajo iguales condiciones. Sus principales características son:

1	Colector plano normal selectivo alta eficiencia
2	Colector plano doble cristal gran espesor
3	Solel CPC +VAC 2005
4	CPC + tubo calórico + vacío alta eficiencia
5	Vacío + tubo en U aletado selectivo

Modelo	no	a1	a2	tm	ta	G	efic
1	0.808	3.2	0.01	100	27	900	48.9
2	0.79	2.71	0.01	100	27	900	51.1
3	0.785	1.785	0.01	100	27	900	58.1
4	0.642	0.89	0.001	100	27	900	56.4
5	0.745	2.007	0.005	100	27	900	55.3

Como vemos los colectores planos normales ya no clasifican para esta utilización; sin embargo, los modelos 2 al 5 ya resultan de cierto interés y la elección de uno u otro estará bajo la decisión de su costo según la cantidad necesaria. Nosotros para el caso cubano elegiríamos entre 3 y 4.

En esta decisión intervienen criterios referidos a:

- *Carga térmica a vencer*

Como se apuntara antes, el costo del kW solar instalado es caro, por lo que minimizar la instalación energética es vital. Por eso se deben agotar todas las vías que resulten en una disminución de la capacidad instalada, recordando que los razonamientos de dimensionado económico que aplicamos en las energías alternativas difieren de aquellos que aplicamos en las energías convencionales.

La carga térmica a vencer debe ser disminuida aplicando conceptos de arquitectura para tales fines y emplear los mejores materiales a fin de disminuir el dimensionado de la planta generadora.

- *Sistema actual de distribución de frío y su estado técnico*

Lo ideal sería que se trate de una nueva inversión lo que garantizaría que todo el sistema de distribución de frío se podría adecuar a esta aplicación. Muchos olvidan que la distribución de frío o calor y su estado técnico en una instalación solar determina su rendimiento y factibilidad. No es un secreto que los costos de inversión por kW instalado son mucho más altos para la tecnología solar que la convencional; luego, las pérdidas de distribución deben ser notablemente disminuidas, considerando todo el costo de la instalación energética y sus gastos operacionales.

- *Tipo de edificación (desarrollo horizontal o vertical). Área disponible para la instalación de colectores solares*

Los desarrollos verticales rara vez dejan espacios suficiente para el emplazamiento de calentadores solares, por eso para una primera aplicación debe encontrarse una edificación con un desarrollo horizontal que deje suficiente cubierta libre. Otras áreas comúnmente aprovechables son parqueos y terrenos aledaños.

#### 5.- La instalación

Sobre la instalación concretamente, una vez definidos la potencia frigorífica necesaria, el aporte solar a lograr, la cantidad y tipo de paneles y su ubicación, se decidirá sobre la acumulación, integración del sistema convencional y solar, control automático y rendimiento general.

##### 5.1 Acumulación de calor y frío

Se requerirá ambos tipos de acumulación para ecualizar el funcionamiento de la planta. Calor excedente del campo solar en momentos picos para aprovecharla en momentos de menor radiación y así como el frío excedente que ya fue producido y no se utilizó. Con esto se busca mantener la estabilidad en la temperatura de entrada a la enfriadora por ambos lados (caliente y frío).

##### 5.2 Sistema convencional

Inevitablemente se requerirá de un sistema paralelo y se utilizará preferentemente el sistema existente como complemento y continuidad del servicio para los horarios que el solar no es capaz de garantizar la energía necesaria.

##### 5.3 Control automático

Se empleará un control por PLC que gestiona las diferentes señales procedentes del campo solar, sondas, climatizadora, torre de enfriamiento, tanques de almacenamiento de

frío y calor, caudalímetros para la medición de todos los flujos energéticos en proceso, etc. y actúa sobre los elementos como bombas, válvulas eléctricas, sistema convencional de enfriamiento para optimizar el funcionamiento de la planta.

#### 5.4 Integralidad energética

Por último, el enfoque integral de la instalación se debe lograr para disminuir los tiempos de recuperación de la inversión. Medidas como el empleo de calores residuales al proceso de enfriamiento se utilizarían para el precalentamiento de agua para usos sanitarios si fuera posible.

#### 6.- Conclusiones

De lo discutido antes, podemos extraer lo que a juicio de los autores son las decisiones principales a tomar para lograr una instalación de climatización con máquinas de absorción alimentadas con energía solar eficiente.

1. Antes de realizar este tipo de instalación, asegurar que las redes de distribución de agua fría de la edificación se encuentren en óptimas condiciones, así como las manejadoras de intercambio agua-aire.
2. Mejorar dentro de lo posible la hermeticidad de los locales y reducir la entrada de energía radiante del exterior para bajar la carga térmica.
3. Elegir sistemas de doble efecto para casos de gran demanda, lo que justifica la complejidad de la batería solar con colectores focales, previo análisis de la nubosidad en la región del emplazamiento.
4. En general será aconsejable elegir sistemas de simple efecto para pequeñas capacidades, nunca más de 200 kW, aunque tampoco será una regla.
5. Dimensionar los sistemas, de modo que el aporte con energía solar no sea menos del 30 % de la demanda anual.
6. Utilizar como complemento preferentemente gas natural o algún calor residual. De lo contrario equipos convencionales.

Nunca utilizar como complemento una fuente térmica a partir de portadores ‘duros’. Será preferible duplicar el equipamiento.

Ninguno de los cuatro casos a que se hace referencia en la introducción cumple con estas recomendaciones de ahí su fracaso



renovable.cu:

**PRÓXIMA EDICIÓN DEDICADA A LA ENERGÍA EÓLICA**

Cualquier sugerencia o comentario escribir a: [renovablecu@cubaenergia.cu](mailto:renovablecu@cubaenergia.cu)

Inicio