

A La Habana en sus 500 Pág. 36



En este número...

ENERGÍA



2 EDITORIAL

4 LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD
CON EL SOL

9 MANTENIMIENTO DE PARQUES EÓLICOS

17 LOS COSTOS FOTOVOLTAICOS (FV)

22 VIVENCIAS DE UN USUARIO DE LA RED
DE BIOGÁS EN CUBA



23 MUJER Y ENERGÍA

29 VERBO Y ENERGÍA

30 CONSTITUCIÓN, DERECHOS Y FUENTES
RENOVABLES DE ENERGÍA

32 GEOGRAFÍA DE LA SIERRA OLVIDADA

36 A LA HABANA EN SUS 500



38 FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA
EN LA AGRICULTURA URBANA

41 TALLER INFANTIL GRANSOL 2019

43 LA COCINA RUSA

46 BIBLIOTECA SOLAR

49 CRUCIGRAMA

50 CONVOCATORIA

UNA VEZ MÁS, la máxima dirección de la revolución nos llama a pensar como país y en esta ocasión, sobre un tema muy cercano a nuestra razón de ser: la disponibilidad de los recursos energéticos, en especial, el petróleo diésel, debido al recrudecimiento del bloqueo imperialista contra nuestro pueblo.

La falta de diésel afecta directamente al transporte y a la producción de electricidad, y por lo tanto, indirectamente a todas las actividades de la sociedad. Por eso la importancia que tienen las medidas que se tomen para pasar este período con las mínimas afectaciones posibles.

Nosotros podemos apoyar las medidas que tome el gobierno revolucionario porque sabemos que cualquiera que se tome es para beneficio social, y además, podemos participar en sus cumplimientos. Pero como miembros de Cubasolar nos corresponde hacer mucho más todavía.

Pensar qué se puede y qué se debe hacer en cada momento y contribuir con nuestros conocimientos y criterios en las medidas que se tomen, es un deber de cada miembro de Cubasolar.

En el momento actual, lo más efectivo e inmediato es el ahorro y el aumento de la eficiencia con medidas organizativas, sin necesidad de nuevas inversiones. Ahorrar no es dejar de consumir, sino dejar de consumir en aquello en que es posible dejar de hacerlo sin mayores afectaciones a las actividades de la sociedad.

Es nuestro deber evitar toda medida que se tome sin fundamentos por incapacidad o por oportunismo. A la vez, es nuestro deber aportar criterios para que se tomen las medidas administrativas adecuadas al momento.

Hoy más que nunca es importante que cada centro de trabajo tenga un sistema de gestión energética, e inclusive, que cada casa lo tenga, por sencillo o complicado que sea en dependencia del caso. A medi-



da de que esto se logre, cada vez seremos más beneficiados. En esto puede y debe ayudar mucho Cubasolar. Solo el hecho de tener un sistema de gestión energética generalizado puede provocar un ahorro de más de 20 % sin dejar de hacer nada de

NO BLOQUEO CONTRA CUBA

lo que hacemos, o sea, sin afectaciones, solamente evitando el uso indebido de los recursos energéticos.

El problema no es bañarnos con agua fría ni apagar una luz y dejar de ver. El problema es disminuir en todo lo posible el consumo

de electricidad, bañarnos con agua tibia y seguir viendo.

Qué hacer y cómo hacerlo en relación con los problemas energéticos, es también nuestro problema. 🇨🇺

Junta Directiva Nacional de Cubasolar

La producción de electricidad con el Sol. ¿Qué terreno utilizar y cómo hacerlo?

4



Entrevista realizada al Doctor Ing. Luis Bérriez, presidente de Cubasolar, sobre el terreno utilizado actualmente en los parques fotovoltaicos

Por VÍCTOR LAPAZ

FRECUENTEMENTE nos llegan comentarios y quejas de por qué se están utilizando tierras fértiles para los parques fotovoltaicos en detrimento de la producción agropecuaria, habiendo tantos techos en Cuba. ¿Qué pudiera decirnos usted al respecto?

Mira. Analicemos este asunto para evitar subjetivismos o malas interpretaciones. Cuba consume cerca de 20 terawatt-hora al año (20 TWh=20 000 000 000 kWh) de electricidad. Si en Cuba se produjera en parques fotovoltaicos toda esta electricidad, el área que ocuparían no llegaría ni al 0,1 % del territorio nacional. Para producir en parques fotovoltaicos 100% de la electricidad que se

consume, se necesitarían menos de 0,6 km² en cada municipio.

Evidentemente, la falta de productos agropecuarios no tiene nada que ver (ni tendrá que ver) con la falta de tierras y mucho menos con los parques fotovoltaicos. El principal problema de los parques fotovoltaicos no se debe a los que existen, sino a los que no existen, ya que es precisamente por los que «no existen» que tenemos que seguir importando petróleo y contaminando nuestro medioambiente.

Ha introducido el problema de la contaminación del medioambiente, lo que conlleva al todavía más grave problema del cambio climático. ¿Puede referirse un poco más sobre esto?

Claro. El problema es que cada día son más aceptados en el mundo y también en Cuba criterios tales como:

- El cambio climático es real.

O este:

- La causa principal del cambio climático es el aumento en la atmósfera de los gases de efecto invernadero que provocan el calentamiento global.

O este último:

- El aumento de los gases de efecto invernadero es consecuencia directa de las mundialmente generalizadas políticas energéticas y agroalimentarias, ambas altamente contaminantes y destructoras del medioambiente.

Sin duda, ya estamos sufriendo las consecuencias del cambio climático y mientras más nos demoremos en tomar medidas para contrarrestarlo, más desgracias estaremos provocando, y lo peor, estaremos sufriendo.

Inundaciones, sequías, tornados y ciclones serán cada vez más frecuentes. La resiliencia de los países pasa a ser un factor de suma importancia para su supervivencia. Ese es el objetivo principal de la Tarea Vida: prepararnos para los eventos extremos; evitar los daños en todo lo posible y aumentar nuestra capacidad de recuperación ante desastres naturales. También en las instalaciones fotovoltaicas tenemos que tener en cuenta estos factores con alta prioridad.

Lo que dice es alarmante y más alarmante todavía es pensar en la incapacidad de gentes capaces y la insensibilidad de gentes sensibles. Pero, bueno, volvamos al tema de los parques fotovoltaicos. ¿Podiera decirnos cuáles son sus principales parámetros que pudieran ser de nuestro interés?

Acuérdate que entre las instalaciones fotovoltaicas, están las que inyectan la electricidad directamente a la red y las que trabajan aisladamente. Ambas son diferentes.

Los tres parámetros más importantes de una instalación fotovoltaica de inyección a red (ya sea un parque o un sistema casero) son:

- La cantidad de electricidad producida,
- el costo de producción, y
- la seguridad de su funcionamiento.

En las instalaciones aisladas también entra a jugar un papel importante el grado de satisfacción en cada momento de las necesidades de electricidad.

En estos tres o cuatro parámetros influye en mayor o menor grado la orientación de los paneles fotovoltaicos, y un factor determinante en dicha orientación es la inclinación del panel con relación al plano horizontal.

Algunos autores recomiendan no disminuir el ángulo de inclinación de los paneles solares por debajo de los 15 grados para mantener la autolimpieza.

Con relación al valor anual de la energía solar ganada por el panel solar, se sabe que varía poco en relación con la variación del ángulo de inclinación y de azimut del panel solar dentro de determinados rangos. Pero este valor puede ser significativo para grandes variaciones de estos ángulos, así como lo es de un mes a otro debido a la declinación del sol, por lo que debe tenerse en cuenta principalmente en sistemas aislados.

Profesor...

De acuerdo. Voy a tratar de que me entiendas. Debemos recordarnos que el ángulo de azimut se mide en el plano horizontal desde el sur hacia el oeste como positivo, y hacia el este como negativo. Ahora bien, la declinación del sol está dada por su trayectoria

durante el día. Debemos fijarnos de que en verano el sol pasa casi por encima de nosotros al mediodía, mientras que en invierno el sol pasa con una inclinación cercana a los 45 grados hacia el sur. O sea, que la diferencia en la trayectoria solar del invierno al verano es de aproximadamente 45 grados. Si quieres hablar con exactitud, es de 46,8 grados. ¿Podemos continuar?

6 Sí

Bueno. El valor energético de la radiación solar cuando la altura del sol sobre el horizonte es inferior a 15 grados, o sea, aproximadamente una hora después de su salida y una hora antes de su puesta, no es significativo, es decir, que puede ser despreciado.

En algunos casos el aprovechamiento del terreno pasa a ser el factor principal a tener en cuenta en una instalación fotovoltaica. Esto sucede frecuentemente en instalaciones sobre techos existentes, factor que influye considerablemente tanto en la cantidad producida como en el costo del kilowatt-hora, específicamente cuando el costo del área ocupada es alto y sus dimensiones son limitadas.

Estos son criterios muy interesantes...

Estos criterios han sido corroborados en la práctica por mí y por eso estoy de acuerdo con que se recomienda seleccionar el ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos en sistemas de inyección a red, en el valor de 15 grados, no así en sistemas aislados, donde la satisfacción de las necesidades energéticas en cada momento del día y del año tiene mayor

importancia. En estos casos aislados se hace necesario estudiarlos cada uno por separado.

Pero sin duda, el parámetro más importante a considerar es la seguridad en el funcionamiento y la resistencia a los fenómenos extremos que se puedan presentar. En el caso específico de los sistemas fotovoltaicos, se deben tomar en consideración los efectos de los vientos altos en ciclones y tornados, y preparar las estructuras para que los soporten. Acuérdate de que los ciclones avisan, pero los tornados no.

Lo que plantea tiene su lógica, pero ¿tiene usted alguna proposición al respecto?

Una de las estructuras a considerar por su gran resistencia al viento es el plano a dos aguas, y una variante de estudio es el caso de proyectos con doble uso, tales como naves industriales, comerciales o de servicios con techos a dos aguas (Figs. 1 y 2).

Déjame decirte algo. En término general se recomienda colocar los paneles fotovoltaicos orientados al sur y con un distanciamiento entre filas tal que no den sombras entre sí, por lo menos desde las ocho de la mañana hasta las cuatro de la tarde hora solar. En este caso el período más crítico es en invierno pues es cuando el sol transita durante el día con menor altura.

Pero para no ser esquemáticos, sería bueno comparar el valor de la energía producida en un área como esta, ocupada con paneles orientados al sur y convenientemente separados, con diferentes variantes de orientación de sistemas colocados sobre estructuras a dos aguas. Te propongo analizar las posibles ventajas y desventajas de cada uno.



Fig. 1. Estructura a dos aguas para paneles fotovoltaicos.

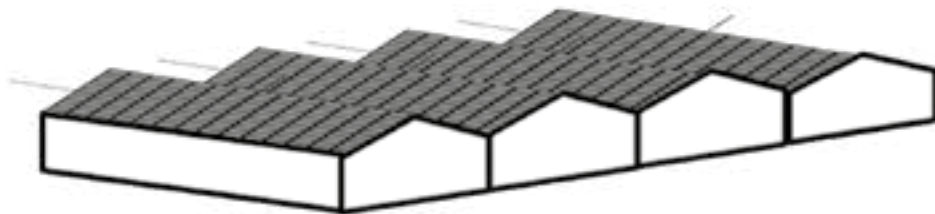


Fig. 2. Naves con techos a dos aguas.

De acuerdo, pero en muchos casos las edificaciones ya existen y lo que debemos analizar es si resulta conveniente o no colocar una instalación fotovoltaica, utilizando un techo a dos aguas ¿no es así?

Efectivamente. Cada caso se debe analizar en dependencia de sus características.

Bien. Vamos a auxiliarnos de la Tabla 1, (ver pág. siguiente). Fíjate. En la tabla se resumen los datos calculados de un sistema fotovoltaico en un área ocupada de una hectárea para las diferentes variantes de orientación de la estructura a dos aguas, y las de un área ocupada ideal también de una hectárea orientado al sur y con filas convenientemente espaciadas, para poder compararlas.

Es importante tener en cuenta que si el ángulo de inclinación de la estructura a dos aguas donde se van a colocar los paneles fotovoltaicos no pasa de 15 grados, el aprovechamiento del área puede ser total, o sea, no hace falta dejar un espaciamiento entre fila y fila para evitar el efecto de la sombra, y se pueden colocar más módulos y producir más, pero a un costo mayor. ¿Está claro?

Bien. En la primera fila de esta tabla aparecen los datos del modelo o patrón, o sea, la cantidad de electricidad producida en una hectárea (de terreno) con un sistema fotovoltaico orientado al sur y con sus filas convenientemente separadas, con un coeficiente de aprovechamiento del área en La Habana de 0,67 y de 0,7 para Santiago de Cuba. El valor de Santiago de Cuba es un poco más alto debido a que está a una latitud de 20 grados, mientras que La Habana

es de 23. La producción de energía eléctrica en La Habana es de 1514 megawatt-hora al año por hectárea y en Santiago de 1604.

En las filas siguientes se dan los datos de la cantidad de electricidad producida en sistemas fotovoltaicos colocados sobre planos a dos aguas en el eje norte-sur, así como rotados cada 30 grados con relación al eje cenital o vertical.

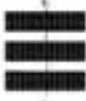





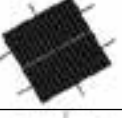

Ahora fíjate. La producción mínima ocurre cuando la nave o estructura está situada con un lado hacia el sur y el otro hacia el norte, pero a pesar de que es mínima, es mucho mayor que la producida en el sistema anterior con orientación sur. En este caso, en La Habana la producción de electricidad es de 2110 MWh por hectárea cada año, o sea, casi 140 % de la electricidad producida en un campo orientado al sur.

Fíjate en esto pues más interesante todavía es ver como la variación de la producción con la rotación no es significativa, pero la producción es mayor cuando el ángulo de rotación es de 90 grados. En este caso, la producción es de 2139 MWh, o sea, 141 % de la producida en un área orientada convencionalmente al sur.

Estos son datos muy interesantes

Espérate. Porque la mayor ventaja de la colocación de un sistema fotovoltaico sobre planos a dos aguas no es el aprovechamiento del área y el consecuente aumento de la producción, sino la de su resistencia al viento y la seguridad contra ciclones y tornados.

Tabla 1. Datos calculados de un sistema fotovoltaico en un terreno de una hectárea para las diferentes variantes de orientación de la estructura

Producción fotovoltaica de una hectárea sobre estructuras a dos aguas		
La Habana	En dependencia del ángulo de azimut	Santiago de Cuba
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 0^\circ$ $k_a = 0,67$ $E_{pa} = 1514$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 0^\circ$ $k_a = 0,7$ $E_{pa} = 1604$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 0^\circ; 180^\circ$ $E_{pa} = 2110$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 0^\circ; 180^\circ$ $E_{pa} = 2150$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 30^\circ; 210^\circ$ $E_{pa} = 2110$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 30^\circ; 210^\circ$ $E_{pa} = 2150$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 60^\circ; 240^\circ$ $E_{pa} = 2125$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 60^\circ; 240^\circ$ $E_{pa} = 2166$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 90^\circ; 270^\circ$ $E_{pa} = 2139$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 90^\circ; 270^\circ$ $E_{pa} = 2179$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 120^\circ; 300^\circ$ $E_{pa} = 2125$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 120^\circ; 300^\circ$ $E_{pa} = 2166$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 150^\circ; 330^\circ$ $E_{pa} = 2110$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 150^\circ; 330^\circ$ $E_{pa} = 2150$ MWh
Latitud $\phi = 23^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 180^\circ; 360^\circ$ $E_{pa} = 2110$ MWh		Latitud $\phi = 20^\circ$ Inclinación $\beta = 15^\circ$ Azimut $\gamma = 180^\circ; 360^\circ$ $E_{pa} = 2150$ MWh

Eso significa que...

No. Todavía no podemos decidir. Es importante también tener en cuenta el parámetro del costo del kilowatt-hora producido, el cual no depende solamente del costo del módulo fotovoltaico sino de muchos factores, entre ellos, el costo del terreno y el de la estructura. Estos costos hay que calcularlos para cada caso en particular.

Cuando conozcamos los parámetros de la cantidad de electricidad que se puede producir en un área determinada y además el costo estimado del kilowatt-hora, así como la seguridad en la producción, podremos decidir mejor cómo hacerlo.

Pero hay algo que queda claro, y es que hoy el peor sistema fotovoltaico es precisamente el que no existe. 🤖



Mantenimiento de parques eólicos

Optimización de procesos en la energía eólica

Por CONRADO MORENO FIGUEREDO*

CUBA debe prepararse para mantener en funcionamiento los parques eólicos. En los próximos años el número de aerogeneradores instalados en parques eólicos de Cuba puede alcanzar varios centenares. Mantener en buenas condiciones de operación esta gran cantidad de dichas máquinas es un reto para la industria cubana, pues generalmente están instaladas en zonas remotas alejadas de las ciudades.

Las operaciones de mantenimiento de los parques eólicos se caracterizan por su complejidad pues interviene un gran número de actividades, algunas a veces no predecibles, de elevado costo y riesgo. Todo ello requiere exigencias de planificación y control de alto cuidado. Una buena planificación del mantenimiento debe ir encaminada a optimizar los recursos disponibles y reducir al máximo las paradas de los aerogeneradores.

El objetivo principal de las operaciones de mantenimiento de parques eólicos es minimizar los costos de producción por unidad de energía generada durante la vida útil de la instalación. El mantenimiento comprende actividades de diferentes áreas del saber,

dígase de las áreas eléctricas, mecánicas y electrónicas.

Coexisten varios conceptos de mantenimiento. Uno que es propio de nuestros especialistas del Centro de Estudio de Ingeniería de Mantenimiento (CEIM) de la Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae), es en la actualidad uno de los más reconocidos, ya que tiene en cuenta todo el sistema y se expresa como sigue: es la «acción de preservar, corregir o conservar las funciones y condiciones de disponibilidad, seguridad y eficiencia de los activos fijos tangibles (AFT) durante su ciclo de vida».

Un parque eólico es una agrupación de aerogeneradores o turbinas eólicas interconectadas en un área común. Las turbinas eólicas son máquinas complejas que trabajan en un medioambiente complejo. Esas turbinas se diseñan y fabrican por la integración de varias tecnologías y componentes provenientes de la aeronáutica, la ingeniería mecánica, hidráulica, eléctrica y electrónica, automática e informática, incluyendo la ingeniería civil relacionada con las cimentaciones.

Por lo general los parques eólicos están emplazados en sitios alejados de áreas urbanas. Se puede aseverar que estas instalaciones operan sin una presencia física de los operarios permanente, por lo que en general no existe un personal operándolos en el sitio. Solo en caso de algún fallo o avería, inspección periódica o del mantenimiento programado, este personal hace presencia en la instalación para su supervisión y mantenimiento. Así es como en general se opera con los parques eólicos, aunque también se da el caso de que un personal mínimo se encuentra permanentemente en el parque ocupándose de su operación y custodia (Fig. 1).

Por lo anterior se puede decir que para la operación exitosa de un aerogenerador o un parque eólico se requiere que exista una herramienta fiable y capaz de conocer de forma remota el estado de cada uno de los componentes del aerogenerador o parque eólico, generalmente ubicado en zonas remotas, para que se conozcan los factores que pueden disminuir el nivel de explotación y las medidas para llevar al máximo la productividad de la o las turbinas.

Esto se logra con los sistemas de comunicación que permiten realizar estos trabajos y que se les conoce como SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), en español, Control Supervisado y Adquisición de Datos. Estos sistemas no solo recopilan y gestionan

el estado de la operación y las alarmas que se puedan producir en los diferentes elementos del parque eólico, sino que son capaces de enviar esas señales de control. La posibilidad de este sistema para enviar esas señales a los diferentes aerogeneradores del parque eólico es una de las características necesarias para realizar una adecuada integración de la energía eléctrica a los sistemas eléctricos, ya que permitirá gobernar los flujos de potencia activa y reactiva atendiendo a órdenes de un operador que no se encuentra en el sitio de instalación del parque eólico.

El sistema SCADA recibe los datos de los aerogeneradores individuales y los envía a la pantalla de un operador. Con estos datos se puede evaluar la disponibilidad del aerogenerador (porcentaje del tiempo que el aerogenerador está disponible para producir potencia) en cuestión y evaluar cuánta energía está capturando este, entre otros aspectos.

Actualmente la mayoría de los aerogeneradores son del tipo de rotor tripala –tres palas– orientadas hacia la dirección en que llega el viento. Las potencias nominales que producen comprenden un rango muy amplio que va desde los 850 KW hasta los 3,0 MW, presentes hoy en el mercado, y los que ya empiezan a extenderse y a ser comercializados de 6 MW y mayores. En la figura 2 se muestran los principales componentes de un aerogenerador.



Fig. 1. Ejemplo de parque eólico.



Fig. 2. Componentes principales de un aerogenerador.

En estos momentos se encuentran en el mercado turbinas eólicas sin caja multiplicadora con sus ventajas y desventajas, y su participación en el mercado es cada vez mayor. La eliminación de este componente, aunque aparentemente simplifica el mantenimiento, la aparición de otros componentes propios de esta tecnología también introduce complejidades en su mantenimiento.

En la figura 3 se muestran las averías que con más frecuencia afectan a los aerogeneradores. Se han clasificado en función del componente que las origina.

Estos datos se refieren a la tasa anual de fallos; sin embargo, son un poco engañosos. Los principales fallos se ubican en el sistema eléctrico y la electrónica de control. No obstante, estos desperfectos se solucionan relativamente rápido (en un margen de dos a cuatro días).

Por el contrario, los problemas causados por el generador o el multiplicador se solucionan en más tiempo (ocho días o más). Aunque la frecuencia de las averías en estos componentes sea menor, paralizan la actividad de los aerogeneradores casi tanto tiempo como otras averías más habituales.

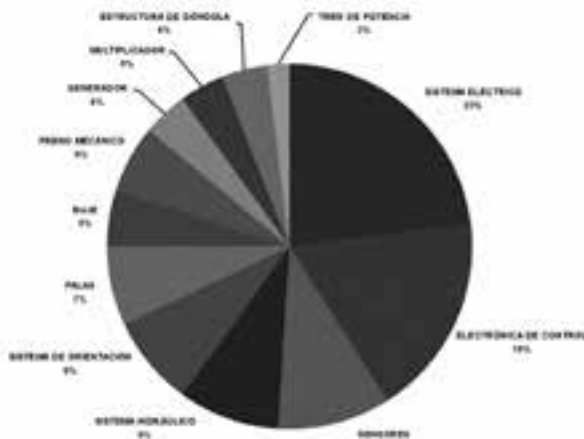


Fig. 3. Averías que con más frecuencia afectan a los aerogeneradores.

A los efectos del mantenimiento, los parques eólicos pueden dividirse en dos grandes partes:

- *Parte mecánica:* la constituyen los aerogeneradores como tales y todos los componentes del aerogenerador: rotor, góndola, generador, multiplicadora, palas, etc.
- *Partes eléctricas y accesos:* La parte eléctrica la conforman los componentes de la subestación eléctrica, las líneas de alta, los centros de transformación y el sistema de celdas de media tensión presentes en el aerogenerador, así como un sistema de control que automáticamente selecciona la condición óptima y que incluye los armarios eléctricos en la parte superior o en la base de la torre.

El mantenimiento de un parque eólico requiere de numerosas tareas que tengan en cuenta el mantenimiento preventivo o programado que conforman el Plan de Mantenimiento y las reparaciones de los componentes del parque eólico. Ese Plan debe tener declaradas con precisión cada acción a realizar al detalle, no basta que el plan contenga las acciones o tareas a ejecutar cronológicamente, sino que cada una requiere el empleo de recursos humanos, materiales, herramientas, documentación técnica, equipos, tecnologías, procedimientos, un orden de ejecución, etc., todo lo cual deberá estar previsto, organizado y preparado previo a la actividad de mantenimiento en sí.

De acuerdo a las experiencias internacionales, y a modo de orientación, se puede decir que se necesita de un equipo de servicio de mantenimiento compuesto por dos técnicos con un vehículo para atender el mantenimiento de 30 aerogeneradores. Esto implica que un parque podrá requerir de dos a tres equipos de servicios de mantenimiento que

funcionarán todo el año, aunque esto debe estar en concordancia con las condiciones específicas de la región o país donde opere el parque eólico, la experiencia, el nivel de la preparación del personal de mantenimiento, la disponibilidad de recursos materiales, etc.

Teniendo en cuenta el tamaño físico de un parque eólico, la dispersión y la extensa red de los aerogeneradores, las tareas de mantenimiento las realizan los equipos de servicio de mantenimiento. Estas pueden clasificarse como sigue:

- Inspecciones visuales del parque eólico.
- Mantenimiento preventivo (programado) de los aerogeneradores.
- Mantenimiento correctivo (no programado) o no previsto de los aerogeneradores.
- Mantenimiento programado de otras componentes del parque (accesos, caminos y partes eléctricas).

Estas tareas se explican sintéticamente a continuación:

Inspecciones visuales del parque eólico

Estas inspecciones visuales chequearán e inspeccionarán las instalaciones siguientes:

- Torres.
- Rotores.
- Caminos y drenajes.
- Subestaciones eléctricas.
- Evaluación del estado general de los aerogeneradores (en funcionamiento o no).

Estas inspecciones podrán ampliarse e incluir otros controles específicos sobre ciertas partes de los equipos e instalaciones, en función de las necesidades del Plan de Operación y Mantenimiento.

Además, como parte de la inspección visual del parque eólico, los equipos de

mantenimiento deben inspeccionar minuciosamente y estarán en estado de alerta ante irregularidades tales como:

- Infraestructura dañada.
- Desagües bloqueados.
- Caminos dañados.
- Grandes fisuras de partes de los aerogeneradores como palas, torres, cimentaciones.
- Funcionamiento inusual de los equipos.
- Ruidos inusuales.
- Vandalismo.
- Ingreso de personas no autorizadas y(o) animales al área del parque.

El aerogenerador, incluido el equipamiento eléctrico del sistema de funcionamiento y seguridad, así como las palas del rotor, deben examinarse para detectar anomalías que afecten su trabajo estable. El examen se refiere a los fallos que puedan poner en peligro total o parcial el funcionamiento estable de la instalación, y a los fallos que puedan resultar de peligros directos que puedan producirse por el rotor o las palas. Las palas del rotor se deben inspeccionar muy de cerca, tanto externa como internamente si es posible, para detectar daños importantes en la superficie y defectos estructurales en el cuerpo de la pala como grietas en la unión, de laminación, etc.

La cimentación debe ser examinada en cuanto al estado de la superficie de la zona visible, desconchado y recubrimiento del hormigón y del punto de sellado, drenaje de agua inadecuado, etc.

La estructura de la torre debe ser examinada para detectar daños en cuanto a su estabilidad, dígame corrosión, grietas, desconchado en las estructuras de soporte de acero y hormigón, deformaciones, uniones soldadas defectuosas, pernos oxidados, etc.

La torre y la cimentación se someterán a una inspección visual muy de cerca.

El equipo de protección contra rayos del rotor y la torre, incluido el punto de conexión de tierra de la base, se examinará para asegurarse de que no presenta defectos.

Las conexiones eléctricas, fijaciones del aislamiento, instalación correcta, decoloración y acumulación de suciedad se deben inspeccionar visualmente

Se debe realizar una inspección visual de las uniones atornilladas normales y pretensadas, ya que la mayor parte de los componentes se fijan mediante uniones atornilladas. No comprobar a tiempo esas uniones puede provocar, entre otras consecuencias, el desgaste prematuro de los componentes contiguos, la rotura del componente afectado, debido, por ejemplo, a la fatiga por el exceso de vibración, y hasta la detención del aerogenerador por daños graves, como causa de la rotura de algún componente vital.

Todos los incidentes detectados serán registrados en un libro establecido para esto y se pondrán inmediatamente en marcha medidas correctivas para eliminar cualquier peligro para el personal, el parque como tal y el medioambiente circundante. Si el daño sobre el componente o la infraestructura es tal que no pueda ser reparado a corto plazo, se notificará al administrador del parque.

En el reporte de los resultados de la inspección, estos deben aparecer desglosados como se indica seguidamente:

- *No se descubrió ninguna irregularidad o fallo* en el momento de la inspección que ponga en peligro total o parcialmente el funcionamiento estable del aerogenerador, fundamentalmente por peligros en el rotor o en las palas del rotor.
- *Se descubrieron irregularidades o fallos.* Descripción de los fallos o irregularidades que se descubrieron en el momento de la inspección.
- *Medidas a ejecutar.* Indicación de las medidas para reparar los fallos

detectados e irregularidades y los plazos de aplicación. La operación del aerogenerador puede reanudarse al repararse los fallos detectados durante la inspección.

- *Parada de la operación.* También debe aparecer indicado si no se recomienda reanudar la operación del aerogenerador por la magnitud de los fallos detectados que pone en peligro el funcionamiento del aerogenerador.

Los intervalos de inspección se definen en función del tamaño del aerogenerador. Para turbinas mayores de 1500 kW, que son las que se emplean actualmente, la inspección se realizará cada año. También se deben realizar inspecciones ante los eventos siguientes:

- Puesta en marcha (300-500 horas después del arranque del parque).
- Antes del final de la garantía.
- Después de daños y reparaciones mayores.
- Al final de la vida útil para evaluar su valor residual después de determinar su desmantelamiento.

Mantenimiento preventivo (programado) de los aerogeneradores

Como se señaló anteriormente, una vez al año cada aerogenerador recibirá una inspección detallada de los componentes, tal como lo exigen los fabricantes. Además, cada cuatro años se llevará a cabo una inspección rigurosa.

El informe de las inspecciones registrado se utilizará para desarrollar y perfeccionar el cronograma del Plan de Mantenimiento, así como para determinar las causas fundamentales de las fallas de los componentes. De aquí se derivan las actividades del mantenimiento programado de forma optimizada que permitan una operación segura y continua del parque eólico.

El Plan de Mantenimiento debe prever que a los tres meses de su puesta en marcha se

debe comprobar el estado de los pernos, tornillos y tuercas, y reapretarlos (Fig.4).

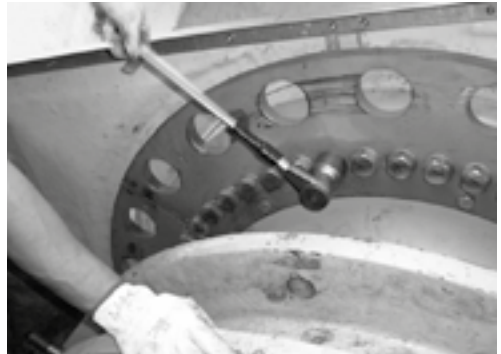


Fig. 4. Reapriete de pernos y tornillos.

Durante el mantenimiento programado de los aerogeneradores, conocido como «Menor», el equipo de mantenimiento realizará las actividades siguientes:

- Comprobar apriete de uniones atornilladas.
- Comprobar el estado de los componentes de los acoplamientos.
- Chequear los niveles de aceite lubricante.
- Comprobar el estado de las bases principales en el bastidor.
- Comprobar el estado de la conexión de eje y palas.
- Comprobar el funcionamiento de los frenos mecánicos.
- Comprobar el estado de los cables.
- Comprobar el estado del tratamiento protector anticorrosivo de las superficies.
- Comprobar el estado de la cubierta de la góndola.
- Comprobar el estado de los contactos de rotación del generador eléctrico.
- Comprobar los elementos de seguridad de la góndola.
- Chequear el sistema de control ubicado en la parte superior de la torre.

- Cambiar filtros, aceites hidráulicos y lubricantes.
- Comprobar el funcionamiento de la multiplicadora.
- Comprobar el funcionamiento del circuito de refrigeración.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de orientación.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de frenado hidráulico de la góndola.
- Comprobar el funcionamiento del sistema de frenado hidráulico del eje.
- Comprobar el estado de la nariz del cono.
- Revisar el estado de los sensores de medición de viento.
- Comprobar el estado de carga de los extintores.

Comprobar el estado de la torre

Realizar pruebas de rotaciones.

Comprobar el funcionamiento de la UPS (fuente de energía ininterrumpible)

Realizar una inspección visual final.

El mantenimiento programado conocido como «Mayor» debe contemplar una revisión exhaustiva del aerogenerador, incluyendo el megado de generador cada año, el cambio de aceite de la caja multiplicadora cada 18 meses y el cambio de aceite del grupo hidráulico cada cinco años. Estos son períodos de tiempo recomendados, aunque puede ser diferente en dependencia del fabricante.

Mantenimiento correctivo (no programado) o no previsto de los aerogeneradores

Este mantenimiento no programado en general se puede clasificar en dos categorías:

Reparaciones básicas y sustitución de piezas menores.

Grandes reparaciones y trabajos importantes de sustitución de piezas.

Pequeño correctivo. Reparaciones básicas y reemplazo de piezas menores

Estas son las que se realizan con mayor frecuencia. En general, la mayoría de las tareas de mantenimiento estarán relacionadas con la reparación o sustitución de una pieza menor que requieren el uso de herramientas manuales básicas, maquinaria y vehículos de mantenimiento.

Si el componente que se va a sustituir se encuentra en la parte superior de la torre, ello implicará el uso del sistema de ascensión integrado al aerogenerador. Algunas de estas reparaciones más comunes y básicas consisten en la sustitución siguiente:

- Del aceite de la caja multiplicadora.
- Del refrigerante.
- De los sellos del multiplicador y del generador.
- De los sensores del aerogenerador.
- De la bomba hidráulica del refrigerante.
- De motores pequeños.

Todo lo anterior de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

Grandes correctivos. Reparaciones mayores y reemplazo de grandes piezas

Si bien los daños en los componentes principales no son tan comunes, se prevé que durante la vida útil del parque eólico sea necesario el reemplazo de algunas piezas mayores. Considerando la ubicación del parque eólico, todas las reparaciones mayores o sustitución de grandes piezas requieren el despliegue de una grúa y vehículos para transportarlas hasta el sitio.

En este caso se podrían considerar como sustituciones mayores e importantes de componentes, las siguientes:

- Rotor.
- Palas.
- Generadores.
- Multiplicadoras.
- Transformadores.



Fig. 5. Cambio de rotor.



Fig. 6. Cambio de pala.

Estadísticamente, cada uno de estos componentes tienen un tiempo posterior al cual deben ser reemplazados, por ejemplo, la caja multiplicadora es reemplazada cada cinco o siete años (Figs. 5 y 6).

Mantenimiento programado de otras componentes del parque (accesos y caminos y partes eléctricas)

Aunque los aerogeneradores son los componentes más destacados del parque eólico, existen otras partes de estas instalaciones e infraestructuras que se deben tener en cuenta en el Plan de Operación y Mantenimiento, entre las que se destacan:

- Vías de acceso y caminos internos.
- Subestaciones eléctricas (principal y secundaria) y todo el cableado.

- Edificio del personal de mantenimiento. Este edificio requerirá un mantenimiento mínimo con tareas tendientes a conservar el orden y la limpieza de los espacios para garantizar buenas condiciones de trabajo en un entorno seguro. Debe además tenerse en cuenta el mantenimiento de una correcta imagen del área del parque.

Conclusiones

Tal como se mencionó anteriormente, las operaciones de mantenimiento son de gran complejidad propia de una instalación como lo es un parque eólico. Intervienen en el mantenimiento numerosas actividades de diferente índole, algunas difíciles de predecir y de elevado costo y riesgo. Por todo lo anterior se exige una planificación muy exigente y un control riguroso, es decir, una adecuada planificación y optimización de los recursos que se emplean.

Se debe disponer de recursos humanos altamente calificados, bien formados y con el equipamiento necesario. Debe existir una buena sincronización entre todo el personal que interviene en la operación y mantenimiento del parque eólico. En octubre de 2018 el Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter) y la Empresa alemana Corporate Energies impartieron un Taller de Operación y Mantenimiento de Parques Eólicos, con la participación de 50 ingenieros y especialistas cubanos, precisamente con el propósito de formar los recursos humanos necesarios para cumplimentar esta tarea. Este Taller contó con el apoyo del Ministerio de Energía y Minas, la Unión Eléctrica (UNE) y el financiamiento de la Unión Europea. 🇺🇪

*Prof. y Dr. C. Vice Presidente de Mérito Asociación Mundial de Energía Eólica (WWEA). Miembro Junta Directiva Nacional Cubasolar. Profesor de Mérito Cujae. Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (Ceter). Universidad Tecnológica de La Habana José A. Echeverría (Cujae).

E-mail: conradomor2014@gmail.com

Los costos fotovoltaicos (FV)

Oportunidades para el desarrollo fotovoltaico en Cuba

Por DANIEL STOLIK NOVYGROD*

17

EL CRECIMIENTO de las instalaciones fotovoltaicas a nivel mundial ha sido espectacular, como se muestra en términos de la potencia acumulada en MW FV en los últimos 23 años (Tabla 1).

Los costos promedios en USD del Watt pico de los módulos de silicio policristalino han disminuido sensiblemente (Tabla 2).

En los últimos 10 años el costo de las fuentes renovables de energía (FRE) ha aumentado su aporte en porcentaje de generación eléctrica mundial de 18 % en 2008, a 26 % en 2018 (la mayoría en hidroeléctrica), o sea, las FRE crecieron en dicho periodo 1,4 veces. Por su parte, la FV aunque aportó solamente en 2008, 0,1 %; en 2018, 2,2 %, veintidós veces más, crecimiento que continuará aumentando aproximadamente en no menos de 1 % cada dos años.

Esta evolución aporta oportunidades para el desarrollo fotovoltaico de Cuba, que ha comenzado su desarrollo FV en momentos de mayor abaratamiento, en que toda su

extensión de unos 110 000 km² cuenta con una notable radiación solar.

Los costos continuarán disminuyendo, las innovaciones y economías de escala aumentando y Cuba no será una excepción.

El primer parque FV sincronizado a red en Cuba fue de 1 MW en Cantarrana, Cienfuegos, en 2013. De acuerdo con sostenido trabajo del Minem y la UNE, hoy Cuba cuenta con 65 parques y más de 150 MW de potencia FV instalada, evolución que continuará en próximos años, desde corto a más largo plazo.

Otros factores son la posibilidad de instalar la FV en forma aislada-remota, conectada a red, en sistemas de poca o mucha potencia, en cualquier sector, sea centralizado en parques FV o descentralizados en industrias, comercios, residencial, etc. Hoy es mundialmente una de las fuentes de energía eléctrica de menos costos, pero además continuará abaratándose aún más para contribuir, junto con otras FRE, a la necesaria sustitución

Tabla 1. Crecimiento de las instalaciones fotovoltaicas

Año	1995	2000	2005	2010	2015	2018
MW	192	1250	5112	40 336	233 000	500 000

Tabla 2. Costos promedios en USD del Watt pico de los módulos de silicio policristalino

Año	1980	1990	2000	2010	2019
USD/Wp	30	9	5	2	0,21

paulatina futura de combustibles fósiles y a la soberanía energética del país.

El desarrollo FV depende de: características del país, experiencia alcanzada, niveles de radiación solar, costos logrados, financiamientos e intereses de los costos de capital, entre otros aspectos. En esta ocasión nos referiremos a comportamientos reales de costos de las instalaciones FV, que se debe en gran parte a la disminución de los costos de producción de los módulos (paneles) FV, la que ha sido posible gracias a la disminución de los costos de las celdas solares FV que la componen. Hoy, alrededor de 96 % de la producción industrial de módulos FV es en base a silicio cristalino (mono y poli) de 99,999999 % de pureza, cuyo costo llegó a tener un máximo de más de 400 USD /kg en 2008, pero hoy es solo de alrededor de 8 USD/kg, lo que junto a la producción en economía de escala y de procesos altamente automatizados, los módulos FV han disminuido su costo de producción en más de doscientas veces en menos de 40 años, mérito fundamentalmente de China que produce las 2/3 partes del mundial; por ejemplo, de las diez primeras productoras, nueve son chinas.

El módulo FV, aunque muy importante, es solo una componente del Sistema FV (SFV) completo, compuesto por inversores, estructuras metálicas, cableado, montaje, infraestructura, O-M (Operación – mantenimiento) y costos de capital, entre otros, cuyos costos parciales aportan también al costo final del Sistema FV. Es necesario recalcar que la suma de todas las compo-

nentes en insumos del resto del sistema FV (BoS - Base of System, que exceptúa el costo del módulo), ha cambiado en un rango mucho más pequeño que el del módulo, que estimamos (la del BoS) ha podido disminuir unas tres veces. Hacia las primeras décadas del desarrollo FV el costo de la celda prácticamente definía el costo total final no solo del módulo, sino también de toda la instalación de un Sistema FV. Hoy el aporte de la celda y el módulo al costo final FV, aunque fluctúa mucho en dependencia del país y de otros factores, consideramos que como promedio puede estar en 30 % el módulo y a 10 % la celda, por lo que la disminución de costos depende de todas las componentes FV.

De todos los factores, el que emergió con mayor influencia en el costo final del sistema FV ha sido el costo de capital (WACC- del inglés *Weighted Average Capital Cost*), promedio Ponderado del Costo de Capital) término utilizado para todo tipo de inversiones económicas, entendido como una media ponderada entre la proporción de recursos propios y la proporción de recursos ajenos; es una tasa porcentual que mide el costo medio de todos los activos, a cómo se ha financiado el capital propio (por ejemplo, aportación de los socios), recursos de terceros (cualquier tipo de deuda ya sea emitida en forma de obligaciones y los préstamos adquiridos).

El WACC en las inversiones FV ha desplazado sensiblemente en los últimos años al módulo FV como el elemento más caro de todo el Sistema FV. Por ejemplo, según gráfico

Tabla 3. Aporte del WACC al encarecimiento del sistema FV

% WACC	2,5 %	3,5 %	5 %	7,5 %	10 %	12,5 %
% del SFV	19 %	25 %	33 %	44 %	52 %	60 %

de la fuente cleantechnica.com/2014/ Solar Power Costs Headed Toward 4c/kWh. October 3rd, 2014 by Giles Parkinson, podemos expresar en la tabla 3 el aporte del WACC (%) al encarecimiento (también en %) de todo el sistema FV.

Nótese que un WACC de 2,5 % aporta 19 % del costo total final del sistema FV, mientras que el WACC de 10 % constituye 52 % del costo final del SFV, en cuyo caso el costo originado por el WACC (10 %), sin producir nada, es mayor que toda la suma de costos del módulo, inversor, estructura, cableado. El porcentaje de WACC se diferencia grandemente por países y sectores.

Cuba tiene muchas oportunidades para el desarrollo FV, pero también retos y amenazas; actualmente la mayor de todas, por mucho, es el aspecto financiero, ante la falta de liquidez en MLC hay que recurrir a préstamos, créditos, acuerdos de compra-venta (PPA-Power Purchase Agreement) que aumentan sensiblemente el WACC, de aquí la trascendente importancia que tiene una competente gestión del país y de los grupos negociadores al respecto. Hay que disminuir el WACC.

Encadenamientos

Los posibles encadenamientos influyen notablemente en la disminución del WACC. Para definir cuáles son las oportunidades de Cuba en aportar nacionalmente encadenamientos y disminución de costos en divisas libremente convertibles para el desarrollo de la energía FV en el país, es necesario definir los aspectos competitivos al respecto; no puede suceder que un desarrollo productivo nacional se base en importación de insumos que resulten más caros que la compra del propio producto terminado, como sucede actualmente, por ejemplo, con los módulos FV.

Veamos las posibilidades de encadenamientos por las distintas componentes del sistema FV y su instalación, para ello utili-

zaremos el esquema de dividir los costos que se acostumbran denominar en inglés *hardcost* (costos de equipamientos e insumos físicos), y *softcost* (relacionada con los costos que dependen fundamentalmente del trabajo de las personas).

Hardcost. Los elementos que componen la mayoría del costo hard están constituidos por:

- Módulo
- Inversor
- Componentes de estructuras (SBOS)
- Componentes eléctricas (EBOS)

MÓDULOS FV. Sin duda es una fortaleza poder producirlos en el país, pero a costos y precios competitivos, para ello actualmente es difícil competir con empresas (todas chinas) que producen entre 2000 y 10 000 MW de módulos FV al año. Actualmente el precio promedio ex (puerta) fábrica para módulos de silicio policristalino es actualmente como promedio de unos 21 centavos de USD el Wp, y puesto en Cuba debe estar por debajo de 30 ctvos. La posibilidad competitiva está en la posibilidad de hacer un Joint Venture (alianza) con alguno de los productores gigantes chinos como: Jinko, JA Solar, Trina, Longi. CSI, Risen, GCL, Telesun; empresas que provocaron la bancarrota de muchos productores de módulos en EE.UU. y Alemania.

INVERSORES. Han proliferado los productores de inversores (más de 700 empresas), la competencia ha aumentado, la economía de escala ha jugado un importante papel en la disminución de los costos, y su producción en Cuba en un futuro en forma competitiva es altamente difícil. Los dos primeros productores mundiales son Huawei y Sungrow de China, el tercero es SMA de Alemania, el primero hasta hace unos pocos años.

SBOS (del inglés *structures base of system*). Son las estructuras soportes, fundamentalmente, distintos perfiles de

los metales utilizados, acero galvanizado y aluminio. En Cuba se produce acero y también perfiles de aluminio por extrusión, de ambos existe una producción de chatarra. Es necesario no sobredimensionar el diseño, peso y costo las estructuras. Es una componente FV que puede producirse en Cuba con carácter competitivo, aunque esa no sea aun totalmente la situación actual. Para ello debemos producir las estructuras soportes (fijaciones al módulo, resistencia de la propia estructura de perfiles metálicos, fijaciones al suelo) en menos de 7 ctvos de USD/Wp, aunque la doble moneda y el concepto de moneda total dificultan notablemente los análisis económicos.

EBOS (del inglés *electric base of system*). Son las otras partes eléctricas físicas del sistema FV como: cables DC y AC, cajas strings, transformador, interruptores (*switch gear*).

El cableado FV se diferencia para CD y CA. En Cuba se producen cables, pero no del tipo que lleva la FV; se pudiera analizar la posibilidad de producir los cables de las instalaciones FV, siempre y cuando sea competitivo.

Soft cost. Una gran parte del costo final FV está relacionada con el trabajo de personas, que no requieren de importaciones. Han ido disminuyendo sus costos pero aumentando porcentualmente en la medida de la caída de los costos *hard*, sobre todo el abaratamiento de los módulos.

Relacionados con los Softcost se encuentran:

- Aplicación de incentivos. Relacionados con cumplimiento de beneficios emanados de políticas establecidas.
- Permisos. Todo tipo de autorizaciones para el desarrollo constructivo, de operación y regulaciones sobre el medioambiente.
- Diseños. Conceptos y detalles de los diseños. Costos de planificación y

documentación. Costos de reconocimientos geológicos y de agrimensura.

- Adquisición de cliente. Costos de convencimiento a clientes de los proyectos. Pagos por derechos de aprobaciones locales.
- Costos financieros. Para el desarrollo, construcción y financiamiento del sistema FV.
- Margen. Para la empresa (o empresas) desarrolladora del proyecto y construcción del sistema FV, incluyendo ganancias, riesgos, finanzas, servicios al cliente, aspectos legales, recursos humanos, rentas, suministros de oficina, gastos de servicios profesionales corporativos y de matrículas de transporte.
- Instalación mecánica. Construcción. Accesos. Trincheras para cableado. Instalación y montaje de estructuras y herrajes, módulos, inversores. Montaje de conexión a red. Transporte de componentes y equipamientos.
- Instalación eléctrica. DC (módulos, cableado). AC. Sistemas de monitoreo y control. Mediciones de comprobación.
- Inspección. Supervisión constructiva. Inspección de salud y seguridad.

Los aportes de *hard* y *soft*

Aunque el *soft* continuará constituyendo un importante porcentaje del costo total final FV, su abaratamiento aumenta en una proporción mayor que el *hard*, siendo mucho más pronunciado dicho abaratamiento para las instalaciones de *utilities* (parques FV).

Una mayor oportunidad para Cuba está en las componentes *soft*, en las que se pueden encontrar buenas posibilidades de aporte en moneda nacional a la disminución de los costos FV. Los instaladores FV de Europa, Japón, EE.UU. y otros países cobran a más de 25 USD la hora, ejemplo evidente de que en Cuba es mucho más barato.

Si en algún momento futuro el país pueda llegar a tener liquidez financiera, por ejem-

plo, que pudieran existir bancos cubanos para aportar créditos y financiamiento en moneda libremente convertible, entonces las grandes ganancias existentes por intereses WACC circularían dentro del país. Esa es una de las claves actuales de países que muestran los costos más bajos de instalaciones FV, como China, Alemania, Italia e India.

De comprar todo el *hard* en divisas en condiciones mayoristas de gran escala que abaraten sus costos, y de hacer todo el *soft* en moneda nacional, si se organizan adecuadamente las gestiones de compras, las inversiones, los proyectos, las instalaciones y montajes, la O-M, entre otros aspectos, el costo en divisas puede disminuir notablemente, de acuerdo con los costos actuales de mejores prácticas

Teniendo en cuenta el promedio de radiación solar de Cuba y las pérdidas FV correspondientes, los costos del kWh en dólares serían de 3 ctvos/kWh.

Es posible que el resto en moneda nacional no exceda los 10 ctvos/kWh, pero habría que demostrarlo.

Dinámica con el transcurso del tiempo de una estrategia

Como hemos visto, una característica de la FV ha sido la rapidez con que se ha desarrollado, hasta llegar a convertirse actualmente en el sector *utility*, junto a la eólica, en el kWh más barato de todas las fuentes de generación eléctrica, más barato que el carbón y la nuclear, aspecto que se acentuará aún más con el paso de los años.

Por ello, en el diseño de la estrategia de desarrollo FV a largo plazo se deben tener en cuenta las posibles evoluciones de factores y analizar los pronósticos, que se han ido cumpliendo durante décadas, de las que hemos sido testigos en nuestros estudios concretos y de vigilancia tecnológica por más de 35 años, desde cuando en 1978 se produjo el primer MW de instalación FV en la superficie terrestre de todo el mundo,

que hoy es más de 500 000 MW FV. Es un aspecto real y nada teórico del que hay que aprender.

Aparición de otra gran oportunidad

Cuba eroga más de 3000 millones de USD al año en importación de combustibles fósiles para la generación eléctrica y para el transporte. Es conocido que con el aumento del aporte FV a la red, para mitigar su intermitencia se irá requiriendo más del almacenamiento eléctrico FV. El aumento de la necesidad de almacenamiento fotovoltaico en baterías comenzará aproximadamente a mediados del próximo decenio, tanto en función de la penetración-integración FV en la red eléctrica, como para el desarrollo del transporte eléctrico, conducentes ambos a evitar costos de combustibles fósiles.

Es altamente recomendable comenzar a tratar estas oportunidades desde ahora.

Varios tipos de baterías utilizan como componente, en una buena proporción, el níquel y el cobalto, otras níquel-hierro, níquel-hidruros metálicos, Ni-Co manganeso, las baterías de ion-Litio prometen mayores desarrollos; en los que la proporción de Ni y Co que utilizan como componentes es mucho mayor que las del propio Li. Como es conocido, Cuba no tiene litio, las reservas mayores están en Bolivia, Chile, Argentina y Perú. Pero Cuba es un país con grandes reservas de níquel y también posee la tercera reserva mundial de cobalto. Por lo que la producción nacional de baterías en base Ni-Co ofrece una enorme oportunidad de encadenamientos para la necesaria soberanía energética del país, inclusive con producciones para exportar en un futuro. Estimo que es el encadenamiento principal para el futuro transporte eléctrico, y al mismo tiempo para hacer atractiva la energía FV en el país. 🇨🇺

* Doctor en Ciencias y Profesor Titular de la Facultad de Física y el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE), Universidad de La Habana, Cuba.

E-mail: stolik@imre.uh.cu

Vivencias de un usuario de la red de biogás en Cuba

Experiencias de vida para el desarrollo sostenible

Por OMAR HERMIDA MARTÍNEZ*

22 **MI NOMBRE** es Omar Hermida Martínez y soy usuario de biogás desde 2001. Ello sucedió cuando por primera vez y con ayuda de un compañero de trabajo, el ingeniero Guillermo Ciret, construí mi primera planta de tipo hindú con capacidad de 1,30 m³ de biogás.

Fue hasta el 2006 con la llegada de la Revolución Energética que paré su funcionamiento, entre otras cosas, por condiciones no favorables inherentes a la producción de biogás: sombra en la instalación y poco tiempo de atención.

Para los que cocinaban con otros combustibles, la llegada de los equipos electrodomésticos fue buena. Para mí, acostumbrado al biogás, no tan bueno, porque nuestra factura de electricidad se incrementó en 70-80 y hasta 100 pesos. Cuando comenzaron las roturas, los gastos se incrementaron. Pasado el tiempo, en el 2010, y con mi experiencia en el biogás se me propuso por vía del Fórum un curso de capacitación en la Universidad de Oriente, en la facultad de Ingeniería Mecánica, para el tema de biogás con el Dr. Angel Recio, ampliando conocimientos y saberes.

Mi trabajo de curso fue basado en la construcción de una nueva planta con capacidad para 3,72 m³, de referencia para el municipio, rescatando de nuevo bondades y beneficios.

Mi segunda y muy buena experiencia fue la visita, a solicitud nuestra, del Dr. José Antonio Guardado a nuestro municipio Segundo Frente, donde evacuamos dudas y tomamos experiencias nuevas. En esta ocasión dejamos constituido el Grupo de Biogás de Segundo Frente (GBSF), del cual soy su actual coordinador.


Ya como miembro de esta gran familia del Movimiento de Usuarios del Biogás (MUB),

participo por primera vez en el III Encuentro del MUB en Viñales, Pinar del Río. Desde entonces he participado en casi todos estos encuentros. He sido invitado en tres encuentros internacionales, todos con gran caudal de conocimientos.

Participé en cuatro cursos de capacitación en diversos temas: Ciego de Ávila, Morón, Santa Clara, Pinar del Río y Santi Spíritus, en temas muy valiosos en los que he ampliado mi universo en relación al uso de la tecnología.

Una de mis experiencias inolvidables fue el paso del Huracán Sandy, cuando al amanecer todo mojado, sin fluido eléctrico, sin comunicación, sin combustible de ningún tipo, pude auxiliar a mis vecinos más cercanos con niños y ancianos, en la cocción de alimentos, y como primero y único auxilio, mi biogás. Siempre que en mis intervenciones me he dirigido a los usuarios, les he sugerido la necesidad de tener una o dos, o las que sean posibles, de otras fuentes renovables de energía. De mi parte, ya estoy viviendo esta experiencia, pues he construido un calentador solar para el agua y un pequeño secador solar para múltiples usos domésticos.

Las veces que he impartido capacitación me he referido a la utilidad de los efluentes: biol y biosol, como abonos orgánicos, los que hace poco tiempo he comprobado en mi pequeño huerto en el que he cosechado cebollas, ajíes, tomates y otros condimentos con excelentes resultados.

En los menesteres del biogás me he hecho el firme propósito de transmitir de múltiples maneras mis conocimientos y experiencias durante estos años, con el objetivo de que en nuestro movimiento de usuarios se hagan las cosas bien y sean sostenibles en el tiempo. Y haciendo mío el eslogan de los villaclareños, territorio en el cual se creó este maravilloso y fructífero Movimiento: «El conocimiento es el único bien que más crece, mientras más se comparte». 

* Técnico en Edificaciones y Construcción civil. Coordinador del Movimiento de Usuarios del Biogás en Santiago de Cuba.

E-mail: omar.hermida@nauta.cu; infsegundo@gobscu.cu

Mujer y energía

Utilidad de la virtud



GABRIELA DE STANCHINA, TURRINI

Livo, Trento Italia

Maestra, Jubilada

EyT: *¿Cuáles han sido tus aportes en el terreno de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental?*

No tengo profundos conocimientos técnicos en el campo de las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental. Pero sobre todo en Cuba con su maravillosa Revolución que sigue las enseñanzas del Sol y de la naturaleza he procurado brindar mis pequeños aportes conversando sobre todo con jóvenes estudiantes, subrayando la importancia de tomar el camino correcto en el campo energético y ambiental, también evitando todo despilfarro de energía.

EyT: *¿Cómo logras el balance entre tu trabajo y la responsabilidad con la familia?*

Busco de adelantar en estas tareas con el querido compañero de mi vida Enrico, ayudándonos uno con otro para tomar siempre con más fuerza el camino de la vida.

EyT: *¿Qué obstáculos has tenido que superar?*

Viviendo mucho tiempo en países capitalistas, donde se proponen a menudo caminos energéticos y ambientales equivocados, he tenido que hacer a veces esfuerzos para estar lejos de estas elecciones, esfuerzos que me han dado alegría.

EyT: *Principales satisfacciones...*

Una gran satisfacción fue haber conocido con Enrico a Cuba y haber así en-

contrado la oportunidad de comprender la importancia de ayudarse uno con otro para que todos puedan tener vida digna y saludable, entregándonos a tomar el camino de las fuentes renovables de energía y del respeto ambiental.

EyT: *¿Qué te gusta hacer en casa?*

En casa me gusta la búsqueda de saber ahorrar energía, por ejemplo, apagando el televisor cuando no se utiliza y preparar comidas sencillas y saludables: muchas frutas y vegetales, poca azúcar y poca grasa.

EyT: *¿Dime sobre tus entretenimientos favoritos?*

Me gusta mucho hacer con Enrico por la mañana temprano ejercicios físicos como los tibetanos y por la tarde yoga, me gusta también caminar en lugares naturales, y leer revistas relacionadas con el camino energético y ambiental correcto.

EyT: *Alguna anécdota relacionada con tu papel de género...*

Cuando alguien me pregunta: ¿Cómo es que te gusta tanto la difusión de las energías limpias y de la protección del medioambiente, cuando tú eres maestra y no tenías conocimientos en estos temas?; yo contesto que es importante que una mujer, que tiene la tarea de generar vidas, se entregue en promover elecciones que van en dirección de la vida, como la elección de energías limpias que cuidan 100 % la naturaleza.

EyT: *Palabra favorita...*

Amor y humildad.

EyT: *Palabra que rechazas...*

Egoísmo y protagonismo.



EyT: *Lo que más amas...*

Lo que me gustan más son las personas que se entregan con mucho amor para los otros, buscando de compartir sin darse importancia.

EyT: *Lo que más odias...*

Me entristecen mucho las personas que solo piensan en sí mismos y que disfrutan la naturaleza destruyéndola.

EyT: *¿Qué otra ocupación hubieses querido realizar?*

Me gustó compartir la vida con los jóvenes como maestra. Otra ocupación que me habría gustado es la fisioterapia, haciendo masajes a personas que los necesitan.

EyT: *Algún consejo.*

Pienso que es muy importante aconsejar a los jóvenes de elegir la actividad por la cual uno se siente apto, buscando por supuesto caminos que van en dirección de la vida, siguiendo las enseñanzas del Sol y de la naturaleza. 🌞



Como si la propia tierra cantara alegre

Por JORGE SANTAMARINA GUERRA

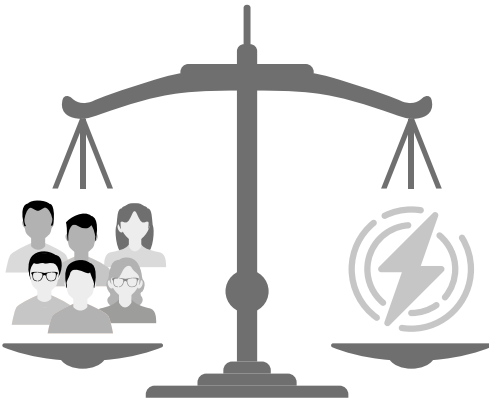
Campanitas

Después de la lluvia un concierto de campanitas se deja escuchar, que se prolongará durante la noche. Y no son aves como pudiera suponerse, ni grillos, sino sapitos los cantores. Brota de todas partes como si la propia tierra cantara alegre por la generosa agua recibida. O las plantas. Curiosamente no son tintineos agudos, estridentes, como de fino cristal que se golpeará, sino por el contrario son notas más bien graves. Aunque breves e intermitentes desde cada garganta emisora y mágica, son tantas que conforman una sorprendente coral de voces misteriosas y ocultas. De todas partes brotan las campanitas de los sapitos tras la lluvia, y hasta las aves de La Finca Isla guardan silencio ante ese concierto magnífico. Y único.

La suela que no quiso hablar

Insensible a todo lo que allá abajo tropezara, el acero sacó a la superficie la suela de un zapato, o de una bota, quién pudiera saberlo. Muy gastada se la veía, sin sus ranuras y afinados los bordes. ¿Cuánto trabajo duro soportaría, por cuántos caminos anduviera? ¿Cuándo fue a parar allí bajo la tierra hasta que el acero irreverente interrumpiera su reposo y la expusiera al sol? ¿Cuánto tendría que contar? ¿Quién el desconocido que desgastara sus ranuras? La visión fue fugaz y otro laboreo regresó la suela a lo hondo con toda su historia que tuviera, y allí permanecerá hasta que poco a poco, poco a poco, pase ella a ser tierra también. 🗨️

Constitución, derechos y fuentes renovables de energía



Por DAVID VALLE CORDERO*

LA RECIENTE Constitución de 2019 votada el 24 de febrero y proclamada el 10 de abril, constituye para los cubanos no solo una mera actualización de los derechos ciudadanos, sino una ley primera de consolidación del decoro social, al proclamar desde su primer artículo que «Cuba es un Estado Socialista de derecho y justicia social, democrático, independiente y soberano, organizado con todos y para el bien de todos como república unitaria e indivi-

sible, fundada en el trabajo, la dignidad, el humanismo y la ética de los ciudadanos para el disfrute de la libertad, la equidad, la igualdad, la solidaridad, el bienestar y la prosperidad individual y colectiva».

Así cabe interpretar que la independencia y soberanía del Estado alcanza por igual al desarrollo de la matriz energética, de manera tal que, social e individualmente, todas las personas puedan acceder y desarrollar diversos proyectos económicos y de vida. En el orden interno, la independencia energética, por su parte, se funda en la mayor posibilidad de auto sustentabilidad, mientras que la soberanía en el cómo, cuándo y dónde concretar ese desarrollo energético.

Proclamar constitucionalmente que Cuba es un Estado de derecho y justicia social no es otra cosa que defender nuestra libertad, esencialmente bajo los principios de igualdad, equidad, bienestar y prosperidad individual y colectiva, de manera tal que, si el Estado tiene como sus fines garantizar una igualdad efectiva del derecho y promover el desarrollo sostenible de la Nación, convoca a todos a defender estos preceptos constitucionales, para dentro de la capacidad productiva y económico-social de cada territorio, desarrollar esas potencialidades. No es un secreto que el Estado, para desplegar la matriz energética, debe de conjunto con el interés nacional posibilitar su desarrollo desde la localidad, el municipio y territorio, solo así podrá salvaguardar un desarrollo social e individual equitativo y justo, para beneficio de todos.

Un ejemplo de ello se visualiza en el desarrollo de los asentamientos humanos aislados o de montaña, ya que para que estos puedan disfrutar de los avances tecnológicos, ha de observarse una efectiva descentralización de las fuentes renovables de energía (FRE) y considerar en esencia la iniciativa local; de lo que resulta que hoy una comunidad aislada pueda acceder al uso

del biogás o la micro generación energética mediante la biomasa, las fuentes solares, eólicas o hídricas.

Estos avances de la tecnología, cuando llegan a todas las personas en una localidad o territorio, no son más que la materialización del bienestar individual y colectivo, de ahí la importancia de la introducción acelerada de los mismos en los diversos asentamientos humanos, sean aislados, rurales o urbanos. Es mediante una planificación ordenada, que se puede alcanzar un nivel de vida adecuado para los individuos de una localidad determinada.

En otra dirección, se ha de reconocer que no es solo garantizar, ya sea de manera social e individual, el acceso a las FRE, sino también es prever y regular cómo proteger el patrimonio natural y el medioambiente, con sus recursos vivos y no vivos; el interés individual y colectivo tiene sus límites, los cuales se fundan en el respeto a un desarrollo sostenible y resiliente, de forma que la convivencia del hombre con la tecnología, el desarrollo científico y el medioambiente sea complemento y no agotamiento o destrucción.

El sistema empresarial estatal, la pequeña o mediana empresa no estatal y los individuos todos, deben obediencia y respeto a la ley, es decir, que hay obligación de cumplirla, para de esta forma garantizar la dignidad plena de las personas y su desarrollo integral, y así dar cumplimiento al principio constitucional de que Cuba es un Estado de derecho y justicia social.

Para contribuir al desarrollo sostenible, a fin de satisfacer necesidades individuales y sociales, todas las personas, naturales o jurídicas, asumen el deber y la obligación legal de respetar el fin común; así por ejemplo, no puede invocarse un derecho al agua o uso energético de estas, cuando se cause un perjuicio a tercero, en tanto todo derecho para que sea equitativo tiene que cumplir el respeto al derecho ajeno.

Destacar que, igual constituyen preceptos constitucionales, la necesaria introducción e implantación de los avances de la ciencia, la tecnología y la innovación, de forma que posibiliten una óptima calidad de vida de los sujetos que intervienen en las relaciones que entraña la construcción de la sociedad cubana contemporánea; es así y a partir de entonces, que los derechos constitucionales de vida, equidad, seguridad, salud, desarrollo integral y medioambiente sano, cobran su verdadera dimensión.

Ante el modelo económico internacional imperante y las relaciones de intercambio desiguales que aquel impone a los países en vías de desarrollo, no queda otra alternativa que arrebatarle los derechos fundamentales y en consecuencia, defender para los ciudadanos las políticas sociales en los diferentes Estados; por ello, para los cubanos, es necesaria la búsqueda de soluciones alternativas para el desarrollo, para el fomento de la independencia económica y la sustentabilidad nacional, territorial y local, tanto como proyección, como necesidad humanista que resulte para beneficio de todos.

La posibilidad de defender la realidad funcional y utilitaria de las FRE, converge con el objeto de alcanzar el fin supremo que constituye el bienestar y prosperidad individual y colectivo; algo que para lograrlo depende de un efectivo trabajo y creación de riquezas, tal y como se postula desde nuestra Constitución. 🇨🇺

* Doctor en Ciencias Jurídicas. Máster en Derecho Privado. Abogado. Presidente del Capítulo Camagüey de la Sociedad de Derecho Económico, Mercantil y Financiero. Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Sociales en la Universidad de Camagüey.
E-mail: bes@cmg.onbc.cu

Geografía de la sierra olvidada

Acercamiento necesario a la Sierra del Grillo

Por YASMANI CEBALLOS IZQUIERDO*

32

LA SIERRA del Grillo es una elevación significativa en la parte este de la provincia Mayabeque, al NE del pueblo de Madruga, con un pico que según las distintas fuentes varía desde 317 a 341 m, aunque la altura máxima más aceptada es 321 m sobre el nivel medio del mar (Fig. 1).

Considerada reserva natural, esta serranía tiene un alto endemismo en su flora y fauna, incluso con especies de alto valor científico.

Si miramos en retrospectiva, su propia configuración ha hecho que sea utilizada como zona militar, destino turístico, sede de importantes combates, asentamiento para maya-yucatecos, sitio de resistencia esclava (cimarrones), así como estación del hombre primitivo en el área. Y si bien el medio histórico está muy documentado, aún queda mucho por desentrañar de su geografía y valor natural.

Madrugá precolombina

Muy cerca de la Sierra del Grillo se ha descubierto arte rupestre en al menos tres cuevas, la etapa aborígen en Madruga está poco

investigada. Pero cabe destacar que desde 1957, el investigador José Álvarez Conde ubica hallazgos arqueológicos dentro de los límites de la actual provincia Mayabeque, incluyendo en las cercanías del Grillo, y con estos datos lista la furnia Habana (o de Aguacate) como sitio de gran valor paleontológico.

Investigaciones más recientes, sin embargo, solo pudieron localizar un sitio de asentamiento aborígen en una cueva de estas elevaciones. La evidencia disponible incluye instrumentos líticos que utilizaron estos primeros pobladores del Grillo, junto a un fragmento de mandíbula de una especie extinta de mamífero, con una antigüedad de miles de años. Siglos después, el 3 de junio de 1494, la serranía sería divisada desde las carabelas de Colón, quien ordenó a sus hombres adentrarse en tierra —persiguiendo el paisaje— y marcando tal vez el primer paso de un europeo por el territorio hoy conocido como Madruga.

El Grillo

Posterior a la arribada colombina, no es hasta finales del siglo XVIII que los cartógrafos comienzan a representar la Sierra—sin



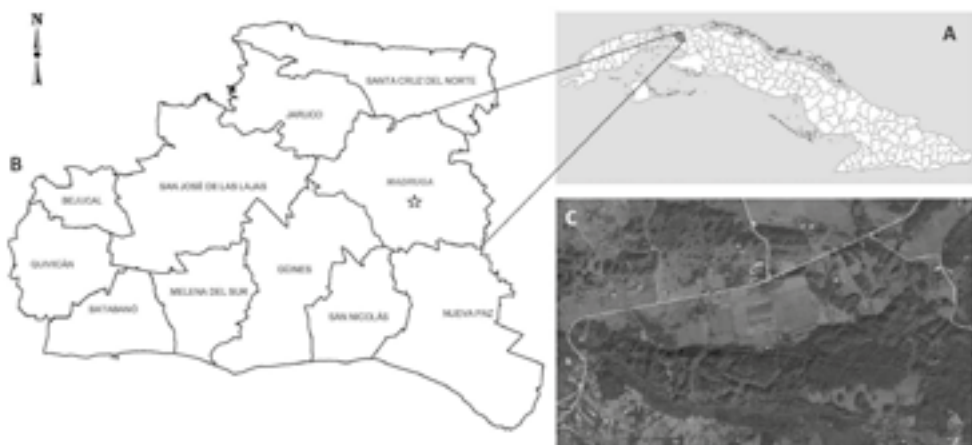


Figura 1. A y B. Mapas de ubicación general del municipio Madruga en la provincia de Mayabeque; la estrella indica donde se encuentra la Sierra del Grillo. C) Esquema de formas del relieve de la Sierra del Grillo.

nombre aún—en algunos mapas, asociada al topónimo Sierra de Taruco (una corrupción lingüística del término Jaruco). Según el M. Sc. Carlos Miguel Suárez Sardiñas, historiador de Madruga, aun no se precisa como esta serranía adquiere su nombre actual, pero fuentes del Archivo Nacional de Cuba consultadas por la Dra. Alicia García Santana sugieren que el primer nombre que tomó la elevación fue Sierra de los Sardiñas o Lomas de Madruga. Ya desde principios del siglo XIX el célebre naturalista alemán Alejandro de Humboldt, se refiere a ella como Sierra de Madruga, calificativo utilizado también en 1868 por José María de la Torre en sus *Nuevos elementos de Geografía* para comunicar ligeros temblores de tierra cerca de aquel lomerío, quizás los primeros sismos de que tenemos noticias en Madruga. Otra bibliografía mantiene hasta 1891 el nombre Sierra de Madruga, pero ya para junio de 1897 los diarios de la época mencionan la localidad como Sierra del Grillo y décadas después el referido insecto la representaría en el escudo municipal.

Cuevas y carsos

Surgida del fondo del mar por procesos geotectónicos, la sierra se encuentra atrave-

sada y limitada por fallas, lo que determina las abruptas escarpas por la parte sur (supuestamente la menos explorada), pero es mucho más accesible por el norte, donde las laderas tienen una inclinación más suave.

Toda su superficie está perforada por cientos de pasadizos y huecos —como si fuera un colador—, pues las fracturas que la cortan han servido de paso a las aguas, que son capaces de abrir diversas cavidades en su interior y labrar el «diente de perro» que la caracteriza. A zonas como esta donde la disolución química de las rocas por las aguas determina el paisaje, se les llama terrenos cárnicos, muy comunes en la geografía cubana.

La abrupta serranía exhibe, a diferentes niveles, pequeños valles, sumideros, cerros en forma de conos, dolinas (hoyos), poljes (depresiones de gran tamaño), carsolitos (pedruscos solitarios), pináculos de dientes de perro, pequeñas cuevas o solapas, grutas, furnias, abras abandonadas por antiguas corrientes (la más conocida es la llamada del Café) y bellísimos miradores naturales (denominados del Indio, Figueroa y García). Algunos de estos nombres han llegado hasta hoy mezclados con un poco de leyenda (por ejemplo, la Cueva del Tambor), o asociados a

un personaje histórico, pero en general son casi desconocidos los nombres de antaño de muchos lugares de la sierra, así como sus ubicaciones, pues se han difundido poco y no aparecen en los mapas.

En general, la sierra forma una cadena de colinas, aunque también existen elevaciones menores aisladas, separadas de la serranía. Este tipo de relieve formado en calizas, con estructura coniforme y cima redondeada, se conoce como mogotes o «carso cónico». En la misma salida de Madruga se pueden observar algunos mogotes, los más cercanos a la carretera central. Desde allí empiezan a despuntar las paredes más escabrosas, taladradas de cuevas y casi desprovistas de vegetación, mientras que más adelante las pendientes más suaves quedan enmascaradas por ella, aunque en todas se asoma el diente de perro.

El parteaguas

La Sierra del Grillo interviene además en el clima de los alrededores, regulando temperatura, humedad, condicionando precipitaciones e incidiendo directamente en la riqueza hidrológica y fertilidad de los suelos. Esto se explica por «el avanzado grado de cavernosidad que tienen las calizas de estas elevaciones, que permiten que se infiltre prácticamente toda el agua que cae sobre su superficie», según el Dr. Leslie Molerio León, experto en hidrogeología.

Según los investigadores Eugenio Skwaletski y Manuel Iturralde-Vinent, este es un «carso con drenaje local» que constituye un importante parteaguas, que abastece las llanuras con el agua de lluvia que se acumula en su interior, por ejemplo, el manto freático de la llanura Catalina de Güines-Bainoa–Aguacate, al este de la provincia de Mayabeque.

La capa de rocas impermeables que yace directamente en la base de estas alturas, está situada por un flanco, mientras que por el otro las rocas calizas se hunden en la profundidad donde alcanzan gran espesor y hacia allí se dirigen y acumulan las aguas subterráneas que alimentan los manantiales.

De hecho, donde está el acueducto de *El Gato* y nace el río Mayabeque se encuentra un valle o polje —uno de los mayores de Cuba y el mundo— y el agua originaria del Grillo se escurre hasta allí fomentando condiciones propicias para el desarrollo de la agricultura.

Sin embargo, aún queda mucho por aprender de este conjunto montañoso, testigo de la historia del territorio.

¿Seguirá elevándose la Sierra?

Con 15 a 20 millones de años de antigüedad, las rocas calizas que forman la sierra alcanzaron su altura actual hace menos de 2 millones de años, pues en el



Foto inédita de la Sierra del Grillo del 14 de diciembre de 1928.



El 9 de enero de 1839 fue localizada una cuadrilla de cimarrones cerca de la serranía. En el enfrentamiento, según documentos del Archivo Nacional de Cuba, el esclavo Leandro Gangá perdió un brazo. (Arte de Juan Barceló/1988).

macizo rocoso existen cavidades freáticas horizontales hoy secas. Estas son evidencia de un sistema inundado en el pasado, que probablemente el levantamiento del terreno elevó sobre el nivel actual de las aguas subterráneas, las que ahora yacen a varios metros de profundidad debajo de los valles. ¿Seguirán elevándose estas montañas? «Es probable, pero no hay datos concretos», dice el Dr. en Ciencias Geológicas Manuel Iturralde-Vinent, quien en una ocasión pudo visitar el Grillo con un equipo de filmación de Mundo Latino.

Elevándose o no, desde lo alto de sus farallones casi verticales parece mirarse al abismo, y observada desde allí, se queda chiquita la Loma de la Gloria, altura de roca serpentina que se alza en las calles de Madruga y que contrasta marcadamente con las elevaciones de calizas.

Así, majestuosa, se yergue la Sierra del Grillo, motivo de interés de una vieja generación de destacados geólogos, espeleólogos y amantes de la naturaleza, pero «casi olvidada» en estos tiempos, a pesar de estar lejos de que sus secretos estén completamente explorados. «Esto en parte es bueno» —señala Iturralde— «pues significa que puede atesorar sorpresas interesantes». 🗣️

Nota:

Para la elaboración de estos textos fueron cruciales las opiniones de los especialistas siguientes que han explorado parte de la sierra: M. Sc. Carlos Miguel Suárez Sardiñas (historiador), Dr. C. Manuel Iturralde Vinent (geólogo), y Dr. C. Leslie Molerio León (geólogo). Además, Vladimir Hernández Zamora (historiador) ofreció información complementaria.

* Ing. Autor de la Biblioteca Digital Cubana de Geociencias.
E-mail: yasmani.ceballo@nauta.cu



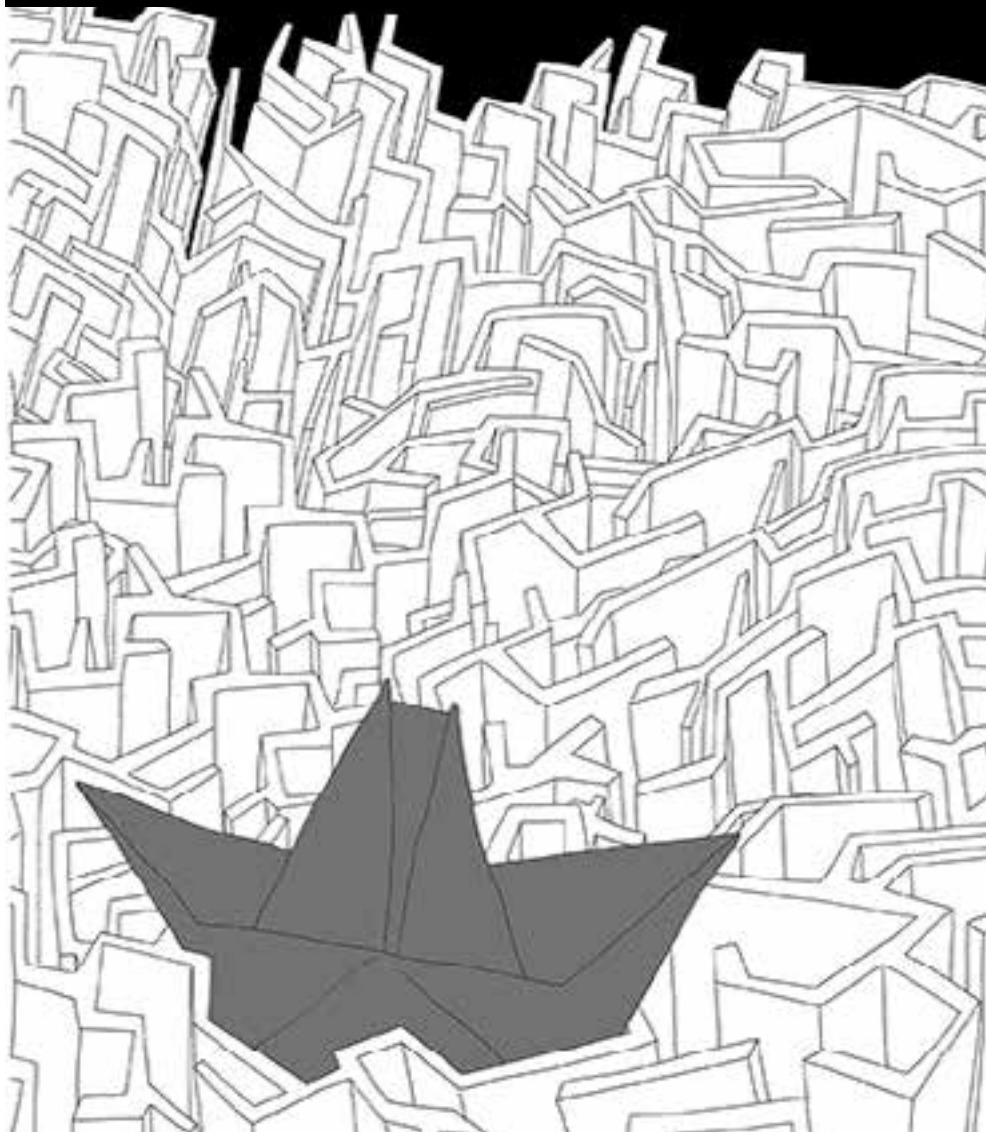
**Cuando la olla arrocera
se dispare, es decir, se apague,**

***desconéctela enseguida
del tomacorriente***

A La Habana en sus 500

*Felicitémonos por los 500 años
de nuestra capital*

Por JORGE SANTAMARINA GUERRA*



HACE YA muchos años escribí para las páginas culturales del periódico habanero *Tribuna* varias viñetas que conformaron una Columna, con el título de *Esta ciudad, naturalmente*. Su propósito fue hacer una referencia, y a la par brindar una reverencia al «mundo» natural que, a despecho de este asfixiante entorno citadino, dentro de él sobrevivía, y que con mirada sensible se le podía descubrir y disfrutar en numerosos sitios de nuestra gran capital. Fueron una docena de viñetas y debo confesar que las disfruté muchísimo. Por su contenido naturalista, y por su temprano enfoque ecologista cuando eso no estaba entonces tan de «moda», hoy vuelvo a suscribirlas.

De entonces acá han pasado décadas y sobre todo, muchas cosas. Buenas y malas, aunque este espacio es solo para las buenas. Entre ellas sobresale en La Habana lo realizado en la preservación y el rescate de su invaluable tesoro patrimonial, hechura de numerosas manos, mentes y corazones, y en particular y con todo merecimiento por el trabajo paciente y sabio, y valiente, cabe enfatizar, de ese habanero mayor que es Eusebio Leal.

Nuestra capital cumple 500 años, dilatado andar que se dice rápido. Estos cinco siglos han tejido en su artesanía un fascinante tapiz multicolor, de pieles y de piedras, hasta construir esta ciudad única, auténtica e irrepetible. Desde el antiguo Puerto de Carenas asiento de la Flota Real, a la pujante ciudad de hoy, se enhebra una suerte de fascinante historia novelada. O de novela histórica. Tanto lo es, que aquí en este saludo solo hay espacio para el asombro, y el regocijo.

El mar del Gran Río Azul caribeño la baña y la refresca, los «nortes» que vienen del Norte continental golpean su Malecón y levantan espumaradas iridiscentes, y los huracanes de a veces insisten en dañarla, pero la amada ciudad sigue aquí ínclita despechando esos repetidos embates, naturales o imperiales. A cuál peor. Porque los habaneros podemos más que los avatares, y a La Habana la cuida-

mos y la queremos. A veces podemos apuntarnos ciertos descuidos y hasta malacrianzas, pero en el fondo no empañan nuestro amor por la capital de todos los cubanos. Todos, los de aquí y los de afuera que por igual la amen. Todos.

¿Cuál pudiera ser uno de los lunares más dañinos y desfiguradores que persiste en La Habana?, y la respuesta que encontramos apunta al insuficiente respeto ambiental. Y no nos engañemos con respuestas fáciles porque ese irrespeto es un mal ocasionado por muchos, instituciones y vecinos. Por ejemplo, no debemos acostumbrarnos a ver las aguas de un salidero correr por la calle como un riachuelo indetenible, ni a la basura de todos desbordando contenedores en las esquinas, ni a esquivar tampoco a la acera rota e intransitable como algo permanente, ni... En fin, admitamos que es culpa y daño de muchos, y acaso hasta de todos. Porque de todos quiere decir exactamente eso, y no nos escondamos tras la excusa facilista de que el enfrentamiento y la solución a cada problema es una responsabilidad y tarea de otro, o acaso hasta de nadie.

Pero no queremos finalizar esta nota con el amargor que dejan estos requiebros y reproches, por muy justos y merecidos que sean, y por el contrario entonemos una suerte de *Himno a la alegría*, a lo cubano.

Desde estas páginas siempre fieles de *Energía y Tú* expresamos nuestro contento por arribar con grande gozo al 500 cumpleaños de nuestra querida capital, auténtica, múltiple y bella, y desde ellas reiteramos el compromiso de continuar aportando nuestro granito de arena para contribuir a que La Habana sea cada día más merecedora de ese alumbramiento. Como expresara Eusebio Leal, estos primeros 500 años habaneros son un hito, y no una meta. ¡Felicitémonos quinientas veces! 🎉

* Ecologista y escritor. Miembro de la Uneac y Cubasolar. Premio David (1975). Autor de varios libros de cuentos, novelas y artículos.

E-mail: santamarina@cubarte.cult.cu

Tecnologías de fuentes renovables de energía en la agricultura urbana, suburbana y familiar del municipio

38 Habana del Este

Una propuesta para la cooperación



Por DOLORES CEPILLO MÉNDEZ*

EN EL SECTOR agropecuario son múltiples las posibilidades que ofrecen las energías renovables, no solo con fines productivos, sino también con miras al bienestar de las comunidades.

En las actuales condiciones de desarrollo del país, se potencia el desarrollo de la agricultura urbana, suburbana y familiar como una modalidad que impacta directamente en la mejora de la disponibilidad, el acceso y la

calidad de los alimentos que se consumen. Asimismo constituyen una importante fuente de ingresos y ahorros para las familias o personas que la practican, nuevas fuentes de empleo y una estrategia de sostenibilidad ambiental, con el uso racional de los recursos naturales propios de cada localidad y la utilización de fuentes renovables de energía.

Con la cooperación y financiamiento de la Agencia Española de Cooperación para el

Desarrollo (Aecid), la ONG Solidaridad para el Desarrollo y la Paz (SODEPAZ) y Cubasolar se desarrolla el proyecto: Incorporación de Tecnologías Energéticas Sostenibles en la Cooperativa de Crédito y Servicio (CCS) Gabriel Valiente del municipio Habana del Este, provincia de La Habana.

La CCS Gabriel Valiente constituida en 2001, cuenta con 164 asociados (30 mujeres y 134 hombres). Agrupa una extensión de 142,3 hectáreas; de ellas, 107,39 dedicadas a vegetales, hortalizas, viandas, granos, frutales y otros cultivos, 26,01 hectáreas a pecuaria y 8,9 no cultivables.

Desde el punto de vista energético, el modelo productivo agropecuario de las fincas objeto de la intervención, por demás generalizado a esta modalidad de la agricultura que se desarrolla en zonas urbanas, se vincula básicamente al consumo de energía eléctrica, con elevados gastos de electricidad y mayor contaminación del medioambiente.

El proyecto tiene como objetivo general contribuir a la extensión de las energías renovables aplicadas a la producción de alimentos a nivel de fincas/cooperativa y mejorar las condiciones de vida de productores y sus familias.

Se benefician directamente de la acción (población meta) 102 personas entre productores y sus familiares, así como trabajadores que laboran directamente en 19 fincas, 1 huerto y una minindustria. Además, resultan beneficiarios finales la población que accede a los servicios de varias instituciones que, en el concepto de consumo social, abastece la cooperativa; entre ellos, diez círculos infantiles, ocho escuelas, un hogar materno, seis unidades militares, y ocho Sistemas de Atención Familiar (SAF) del municipio Habana del Este, así como dos hospitales de la provincia La Habana (Pediátrico de Centro Habana y el Materno Infantil de 10 de octubre).

Como parte de las actividades del proyecto se prevé la instalación de doce bombeos solares y nueve sistemas de riego que garan-

tizan el abasto de agua para riego de cultivos y consumo animal, un sistema de biogás para el procesamiento de desechos sólidos (estiércol animal) con aplicaciones en abono para los cultivos, tres secadores de plantas medicinales y condimentos, dos sistemas para la recolección de agua de lluvia, un sistema de respaldo eléctrico para incubadora de aves, seis lámparas fotovoltaicas de alumbrado exterior, dos cercas eléctricas fotovoltaicas para el acuartonamiento de los animales y una nevera fotovoltaica.

Adicionalmente a su beneficio energético por la producción de biogás, el tratamiento de los residuos agrícolas y pecuarios tiene un efecto inmediato en la descontaminación ambiental, y además significa una producción adicional de biofertilizante rico en potasio y activo como mejorador de suelos.

El empleo de secadores solares para plantas medicinales, condimentos y forraje animal ha sido identificado a partir de las ventajas que aporta dicha tecnología. En comparación con el secado natural, la calidad del producto deshidratado es generalmente superior, la velocidad de secado suele ser mucho mayor, las condiciones sanitarias y nutritivas (en caso de alimentos) son mejores, porque el producto no está expuesto a la acción directa del sol, la lluvia, el polvo y los insectos, y las operaciones de deshidratación son más sencillas. Por otra parte, el secado artificial basado en electricidad o petróleo tiene un alto costo de instalación, inversión y producción.

Con el empleo de paneles solares fotovoltaicos para el bombeo de agua subterránea se combinan los avances técnicos asociados a la electricidad (bombas eléctricas), junto con lo atractivo de contar con una fuente de energía autóctona y renovable. El costo de la instalación es el único desembolso importante, ya que el mantenimiento que requiere este tipo de sistemas es mínimo, y su funcionamiento al emplear la energía del sol es gratuito.

Se pretende que las fincas seleccionadas se constituyan en Polígonos Demostrativos donde cooperativistas y trabajadores agrícolas operen directamente y den mantenimiento a las nuevas tecnologías.

Con recursos financieros del proyecto se suministran igualmente otros equipos e insumos para el funcionamiento de una minindustria de elaboración y conservación de condimentos secos, frutas, vegetales y jugos; se apoya la creación de un centro de beneficio y conservación en la cooperativa, y la construcción bioclimática de un aula de capacitación.

Además, en el marco del proyecto se desarrollan manuales de operación y mantenimiento de las tecnologías para los productores, junto a acciones de capacitación que acompañan la asimilación de las tecnologías, y de socialización y divulgación de las experiencias que pueden convertirse en referentes para futuras intervenciones.

Reinerio Marín Massó presidente de la Cooperativa, en intercambio con el equipo de proyecto de Cubasolar valoró lo que considera las principales expectativas de la intervención: «Tres impactos fundamentales para la cooperativa, desde el punto de vista agroecológico, de eficiencia productiva y económico. Las tecnologías que se incorporan representan un ahorro ener-



Reineiro Marín, presidente de la cooperativa.

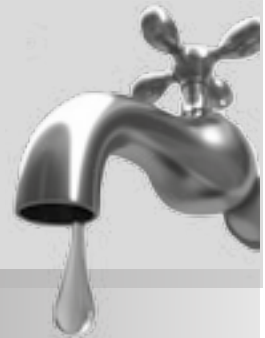
gético de combustible y por ende de sustitución de importaciones, mayor eficiencia y rendimientos en la producción agrícola que inciden directamente en los ingresos de los productores y en el abastecimiento de alimentos a la población. Para obtener los resultados esperados es necesario involucrar a los factores de la comunidad, el gobierno, la delegación de la agricultura, las organizaciones políticas y de masas y los productores en quienes recaen el peso fundamental de las acciones». 🇨🇺

*Ing. Explotación del Transporte Marítimo. Miembro de la Junta Directiva Nacional de Cubasolar.

E-mail: lolita@cubasolar.cu

Recuerde que:
gota a gota
se escapan

80 L en 24 hr / 2,4 m³ x mes
un chorrito = **1,5 mm** deja salir
230 L en 24 hr / 7m³ x mes, y
otro chorrito = **3 mm** despilfarra
500 L en 24 hr / 15 m³ x mes



¡Ahorremos!

Taller infantil Gransol 2019

Discurso de Enrico Turrini en la celebración del evento Gran Sol*



UN SALUDO revolucionario y solar a todos ustedes aquí presentes. Se trata de un día que tiene un gran valor y buscamos ver la razón. Nos encontramos todos unidos, ustedes estudiantes muy jovencitos, Gabriela y yo viejitos (yo he cumplido este mes 81 años y Gabriela va cumplir en noviembre 78 años), y además, compañeras y compañeros de mediana edad. Lo que vale es que todos unidos vamos a comprender la importancia de seguir las enseñanzas del Sol y de la Naturaleza, fuentes de energía de vida. Ustedes jóvenes presentan dibujos y pinturas relacionadas con este tema, algo de mucha importancia. La energía que nos envía el Sol brinda vida a todos los seres, sean hombres, animales y plantas, en los diferentes lugares del Planeta. Él brinda diferentes tipos de energía, la solar directa calorífica y fotoeléctrica y las solares indirectas: viento, agua, biomasa. Estas son también energías solares porque el viento se produce por las diferentes temperaturas del aire en la atmósfera generadas por el Sol; el agua que llega en todos los lugares a través de las lluvias que se generan por la

evaporación del agua del mar a través del calor del Sol, y en consecuencia se forman las nubes que se desplazan de un lugar a otro a través del viento y que se condensan produciendo lluvia, la cual genera arroyos y ríos que brindan cantidad de energía con el movimiento del agua. La biomasa, es decir, los productos vegetales y animales, se genera también con la energía del Sol; se obtiene, por ejemplo, biocombustible con el aceite que se puede extraer de las semillas de la *Jatropha curcas*, que aquí en Cuba se conoce como piñón de leche. Otra forma de utilizar la biomasa es recoger los desechos orgánicos (excretas) de animales o hombres con los cuales se puede producir biogás, que es también un biocombustible.

Todas son fuentes limpias de energía que dejan a la Naturaleza tranquila, pues si quemando los biocombustibles se libera bióxido de carbono que provoca el efecto invernadero con cambios climáticos dañinos, en realidad la misma cantidad de este producto fue absorbida por las hojas de las plantas, así que el balance es cero y no se produce contaminación. Todo lo contrario ocurre quemando los combustibles fósiles como por ejemplo carbón y petróleo, de los cuales hace falta alejarse lo más rápidamente posible, como es de fundamental importancia alejarse del uso de la energía nuclear, con la cual se libera en el aire una cantidad de radioactividad muy dañina. Una elección de muerte y no de vida.

Regresando al Sol se ve que con su energía toma vida toda la Naturaleza: vegetales, animales y hombres, y así se encuentra la energía que se necesita para vivir y además se obtienen todos los tipos de energía que necesita la sociedad humana (electricidad,

combustibles, etc.), energías limpias 100 %. Además, estas energías solares son muy abundantes, disponibles para todos los seres del Planeta, así que tomando este camino se logra que todos tengan vida digna y saludable. La Naturaleza y el Sol nos brindan también otra enseñanza de gran valor: evitar el despilfarro de energía, no botar nada, sino reutilizar todo de manera correcta. Pensamos en las hojas de las plantas: cuando se hacen viejitas se caen de las plantas, se mezclan en la tierra y parecen muertas, pero en realidad se transforman en humus que permite el nacimiento de nuevas plantas y así la muerte se transforma en vida y no se pierde nada. Todo esto nos debe ayudar a realizar el reciclaje de las materias primas. Cuando se rompen materiales plásticos como bolsos, papeles, equipos de vidrio, etc., si todos estos se botan en la Naturaleza se hacen graves daños, y también, porque se necesita buscar materiales nuevos que permitan producir lo que se debe utilizar. Solo un ejemplo: para producir una tonelada de papel nuevo se debe destruir una quincena de árboles. Con el reciclaje se pueden producir cantidades de materiales nuevos sin necesidad de nuevas materias primas. Por supuesto, se debe hacer una recogida diferenciada de esos desechos, poniendo en contenedores diferentes los plásticos, los papeles, los metales, los vidrios; procurando que todos esos desechos sean limpios. Ustedes jóvenes pueden entregarse con fuerza y con amor para que esa recogida diferenciada se difunda siempre más.

Después hay equipos que con esos desechos logran producir nuevos materiales: plásticos, papeles, vidrios, metales, y como he explicado antes, con los desechos orgánicos se puede producir biogás.

Además del reciclaje, es importante acostumbrarse a apagar televisores, lámparas, etc. cuando no se utilizan; ponerse en el plato solo lo que se comerá, evitando

llenarlo demasiado para después botar comida.

Encontrándonos ahora en plena Naturaleza, la cual rodea el Centro de Estudio Solar alimentado con fuentes limpias de energía solar, ello nos da mucha alegría para seguir las maravillosas enseñanzas del Sol y de la Naturaleza. Además, no podemos olvidar que la Revolución cubana quiere que todos tengan vida digna y saludable con iguales condiciones, las generaciones de hoy y de mañana. Por eso podemos decir que esta Revolución tan linda es hija del Sol y de la Naturaleza, pues ella sigue las enseñanzas de sus padres. En este día no podemos olvidar a Raulito, el joven que siempre participaba en este evento. Como ustedes saben él murió en mayo de 2016, pero sentimos siempre su ayuda pues él comprendía de manera profunda el valor de la Revolución y de sus padres.

Gracias a ti Sol, gracias a ti Naturaleza, gracias a la Revolución cubana, gracias a ti Fidel, que te entregaste en promover esta Revolución. Podemos comprometernos todos unidos en tomar con mucho amor el Camino del Sol y de la Naturaleza, y en fortalecer siempre más esta maravillosa Revolución, así que este día nos dé siempre más fuerza en brindar nuestra ayuda, para que poco a poco las palabras de Fidel «Un Mundo mejor es posible» se hagan realidad.

Nota: El evento Gran Sol se celebró el 7 de septiembre de 2019 en el Centro de Estudio Solar de la Ciudad Escolar Camilo Cienfuegos, municipio Bartolomé Masó, provincia de Granma. El décimo séptimo Concurso «Por el Camino del Sol Gransol 2019» focalizó la importancia de una valiosa educación energética y ambiental para cuidar a la naturaleza. 🌱

* Científico humanista italiano y cubano. Miembro de Honor de Cubasolar.

E-mail: cestudiosolar.cecc@enet.cu

La cocina rusa

*Tradiciones milenarias
de la cocina internacional*



Por MADELAINE VÁZQUEZ GÁLVEZ*

LA COCINA rusa presenta una riqueza y exuberancia notables que la colocan como uno de los exponentes más relevantes de la gastronomía mundial. Durante el siglo xx se fue fortaleciendo aún más por el rico aporte de los diversos pueblos o regiones que pertenecieron a la antigua Unión Soviética. La ponderación de sabores, el uso de ingredientes diversos y el sólido arraigo nacional prestigian esta cocina, en la que concursan diversos platos como sopas tradicionales, *pielmeni*, *blinchi*, *varieniki*, *vinegriet*, filete *Beefstroganov*, pollo *Tabaka*, mousse, entre los más representativos.

Sin duda, la cocina nacional rusa se creó bajo la influencia de diferentes factores naturales, sociales, económicos e históricos. Su principal particularidad consiste en la abundancia y la diversidad de los productos utilizados para la elaboración de los platos. Fundamentalmente en el siglo xix hubo una marcada influencia de la cocina francesa, de la cual fueron importados diferentes salsas, consomés y postres. Al mismo tiempo, la cocina rusa ha influido en el desarrollo de la cocina europea.

Todos los grupos culinarios se encuentran ampliamente representados en su menú, en el que aparecen entremeses, so-

pas, papillas de cereales, carnes diversas, ensaladas, encurtidos, ahumados, vegetales calientes, papa, lácteos (requesón y *smetana*), platos de harina de trigo, dulces y bebidas. Se suman a esta amplia gama de platos, las diversas técnicas de cocción que utiliza como hervir, guisar, asar, hornear, freír y saltear.

En gran medida la gran variedad de los platos rusos se fundamenta también por la presencia de la estufa rusa, utilizada en múltiples usos en los hogares de esa región. Así, servía para calentar el hogar, preparar los alimentos, hornear el pan y secar los productos; era muy común la presencia de una cavidad superior que servía como lecho para dormir y descansar. Para esta estufa fueron creados utensilios especiales de cerámica (los *gorshok* o cazuelas de barro), y de metal (los *chugun* o cazuelas de hierro). Su empleo determinó las técnicas específicas de cocción para patos, gansos, gallinas, lechones enteros, piezas grandes de carne, entre otros.

Otro de los rasgos de la cocina rusa resulta la abundancia de alimentos en el plato y la necesaria diversidad en el menú. Todo alimento es válido y adecuado al paladar ruso, siempre que permita una perfecta sintonía con las condiciones de su clima, los requerimientos nutricionales y energéticos, y la disponibilidad de recursos alimenticios.



Zakuski.



SOPA BORCH A LA CUBANA
Ingredientes para 8 raciones:

Remolacha	110 g	1 unidad pequeña
Aceite	17 g	1 cucharada
Vinagre	15 mL	1 cucharada
Azúcar moreno	7 g	½ cucharada
Pasta de tomate		1/3 taza
Caldo	1 500 mL	6 tazas
Laurel		1 hoja
Papa	300 g	2 unidades grandes
Col picada	300 g	3 tazas
Mantequilla	34 g	2 cucharadas
Ajo	8 g	4 dientes
Cebollino		1 macito
Perejil		1 mazo
Cebolla	200 g	1 unidad grande
Zanahoria	50 g	1 unidad pequeña
Sal	30 g	1 cucharada
Pimienta		¼ cucharadita

PROCEDIMIENTO:

1. Sofreír las tiras de remolacha en el aceite; añadir el vinagre, el azúcar y el puré de tomate. Dejar cocinar durante 20 minutos. Reservar.
2. Aparte, hervir en el caldo con el laurel las papas cortadas en dados, durante 10 minutos; después añadir la col y cocer durante 20 minutos más.
3. Aparte, en una sartén, saltear en la mantequilla el ajo, el cebollino, la mitad del perejil (todos picados fino), junto con la cebolla en dados y la zanahoria en tiras.
4. Añadir el salteado a la sopa.
5. Agregar la preparación a base de remolacha.
6. Salpimentar y rectificar el punto de vinagre.
7. Retirar del calor y decorar con el resto del perejil.

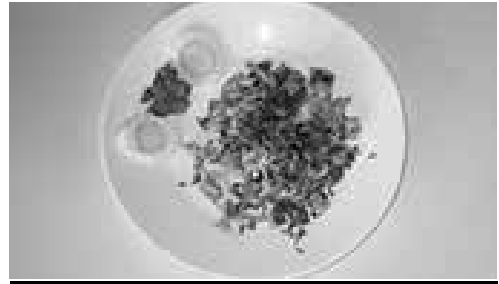
Pocas cocinas del mundo presentan tanta amplitud de entremeses a base de hortalizas, pescado, papa, embutidos y ahumados. A propósito, la palabra rusa *zakuski* (entremeses) se emplea con profusión en la cocina internacional. Particularmente con mucha frecuencia se utiliza la col, de la cual se elaboran entremeses, rellenos para pasteles, platos horneados, en salsa, col rellena y sopas.

Asimismo, las sopas juegan un papel preponderante en el menú ruso, algunas como el *borch*, la *salianka* y el *rassolnik* resultan indispensables en la conformación de este menú. Lugar especial ocupan las sopas frías de *kvas* (bebida fermentada a base de pan) como la *okroshka* y otras cuyo ingrediente básico es el jugo de remolacha (*svekolnik* y *botvinia*).

Para la cocina rusa son característicos los platos a base de subproductos, hígado, lengua y riñones, así como la utilización de los condimentos y especias como perejil, eneldo, cebolla, ajo, apio, rábano silvestre y mostaza. Rusia siempre fue famosa por sus panes. Los diferentes *pirogi*, *pirozhki*, *kulebiaki*, *rasstegai*, *kalachi* y *blini* son conocidos en todo el mundo como los horneados tradicionales rusos. Con gran relevancia se introdujeron dos ingredientes claves: el tomate y la papa; sin ellos sería impensable hoy en día preparar los platos rusos.

En Cuba la cocina rusa llegó a través del restaurante Moscú, que en la década de los ochenta era muy frecuentado por los habaneros, que gustaban de probar una buena *salianka* y un *shashlik* (brocheta de carne). Hoy como proyecto culinario cultural abrió sus puertas el restaurante *Nazdarovie*, que con maestría reproduce los sabores de esta portentosa cocina.

Finalmente, la cocina rusa sigue transformándose buscando una estilización y modernidad, con la seguridad de seguir ganando partidarios dado su arraigo, capacidad de adaptación y asombroso diseño. Es una



ENSALADA RUSA

Ingredientes para 4 raciones:

Papas	300 g	2 unidades grandes
Remolacha	200 g	2 unidades medianas
Zanahoria	75 g	1 unidad mediana
Cebolla	100 g	1 unidad mediana
Masas de pollo cocidas	115 g	½ taza
Huevos cocidos	100 g	2 unidades
Mayonesa	80 g	4 cucharadas
Sal	5 g	1 cucharadita
Pimienta	300 g	½ cucharadita
Cebollino	30 g	½ taza

PROCEDIMIENTO:

1. Cocinar la papa, la remolacha y la zanahoria por separado y cortarlas en dados medianos.
2. Refrescar.
3. Unir los vegetales con la cebolla cortada, el pollo, los huevos duros cortados y la mayonesa.
4. Salpimentar.
5. Decorar con el cebollino y servir bien fría.

Nota: Puede agregarle cualquier tipo de encurtido.

cocina cincelada por manos experimentadas y milenarias.

Nota: Agradecemos la colaboración del profesor y chef Vasili Tserej para la confección de este artículo.

* Ingeniera Tecnóloga en la especialidad de Tecnología y Organización de la Alimentación Social. Máster en Ciencias de la Educación Superior, Cuba.

E-mail: madelaine@cubasolar.cu

Libro

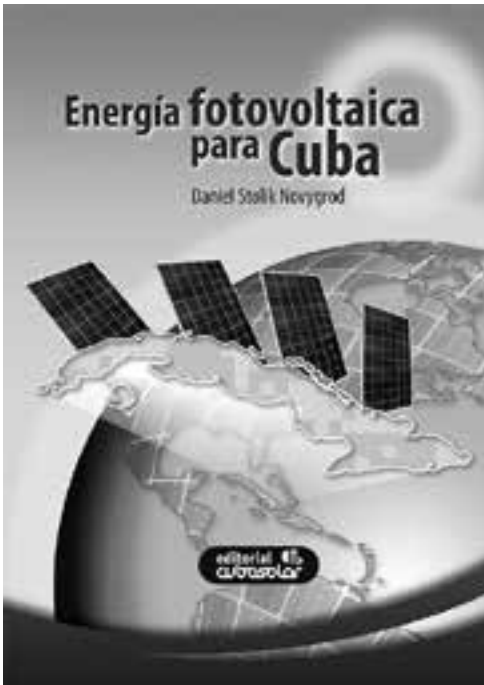
Energía fotovoltaica en Cuba

AUTOR

Dr. C. Daniel Stolik Novygrad

46

Biblioteca solar



CONSTA de 550 páginas en 15 Capítulos, 10 anexos, 425 figuras, gráficos, tablas y cuadros, más de 400 referencias bibliográficas. El prólogo estuvo a cargo de Dr. C. Carlos Rodríguez Castellanos. Ha sido publicado por la Editorial Cubasolar; auspiciado por UNE – MINEM.

A través de todo el libro se exponen distintos elementos y factores que tributan a la necesidad del desarrollo de un programa fotovoltaico (FV) para Cuba, mediante una visión integral de la problemática desde distintas aristas, para ir sacando conclusiones

en cada capítulo y al final poder estructurar una estrategia del desarrollo FV de corto, mediano y largo plazos, que es el objetivo expresado y resumido en el último capítulo. Los principales análisis y tratamientos de los capítulos son los siguientes:

Introducción. Consumo energético mundial. Energía primaria y secundaria. Evolución de reservas de combustibles fósiles. Energía fotovoltaica hasta el 2010, del 2011 hasta 2017. Amenazas y retos. Programa fotovoltaico. Contaminación ambiental. Aportes de la fotovoltaica.

Escenarios eléctricos. Generación eléctrica mundial. Sistemas de generación y distribución centralizados. Consumo futuro eléctrico mundial. Consumo de carbón. Generación mundial de electricidad por componentes del MIX. Petróleo crudo pesado. Transición del MIX: Transición temprana. Nuevo paradigma. Costo de la energía eléctrica. Costo del kWh fósil en Cuba. Niveles de consumo eléctrico de Cuba vs. mundial. Consumo eléctrico en Cuba por sectores; el sector industrial. Aumentos futuros del consumo eléctrico en Cuba.

Energía solar. El Sol. Reservas energéticas. Radiación mundial promedio anual normal. Radiación directa. Radiación difusa. Espectro de radiación solar. Movimiento aparente del Sol con respecto a la Tierra. Intermitencia de 24 horas. Movimiento de un año. Radiación solar en Cuba, promedio

total y por meses. Radiación directa y difusa en Cuba.

Fuentes renovables de energía. Desarrollo sostenible. Fuentes de energía: fósil, nuclear y renovable. Fuentes renovables de energía. Tiempo de acumulación de la energía solar por fuentes. Características por tipos de fuentes renovables de energía. Biomasa. Bagazo de caña. Hidroeléctrica. Eólica. Termo solar. Geotérmica, marina: olas, mareas, corrientes, maremotérmica, osmótica. Bioenergías. Biocombustibles. *Jatropha curcas*. Preocupaciones existentes. Evolución de las fuentes renovables de energía conectadas a red (2007-2016). Fuentes renovables de energía no conectadas a red (2007-2016). Desarrollo de las renovables por países. Pronósticos de generación mundial eléctrica por fuentes renovables de energía.

Energía y efecto fotovoltaico. Ventajas de la energía fotovoltaica. Desventajas de la energía fotovoltaica. El efecto fotovoltaico. Semiconductor intrínseco. Semiconductor extrínseco. Unión o juntura p-n. Planteamiento teórico de la celda.

Celda solar fotovoltaica. Materiales fotovoltaicos. Celdas de laboratorio vs. industriales. Tipos y eficiencias. Producción mundial. Celda de silicio. Producción de silicio grado solar. Primeros productores mundiales de silicio puro. Crecimiento de cristales de silicio. Obleas y celdas. Producción mundial y por países de celdas solares. Costos y eficiencias de la celda de silicio cristalino. Pronósticos de producción de celdas. El watt pico. Relación del watt pico con horas pico y la radiación solar. Razones sobre el éxito de las celdas de silicio cristalino.

Módulos fotovoltaicos. Tipos y evolución de la producción de módulos. Componentes. Evolución de los costos del módulo fotovoltaico. Producción por tipo de módulos y

eficiencias. Producción por países. Empresas fotovoltaicas integrales. Duración de los módulos. Innovaciones tecnológicas.

El sistema fotovoltaico. Instalaciones remotas aisladas y conectadas a red. Inversor fotovoltaico. Prestaciones, características y funciones. Clasificación de los inversores. Mercado. Costos de los inversores, productores de los inversores. Estructuras soportes fotovoltaicas. Fijación del módulo a la estructura. Resistencia de la propia estructura. Fijación de la estructura a la superficie. Cableado. Componentes de costos por labor. Costos posteriores (de por vida útil) del sistema fotovoltaico. Costos de capital. Eficiencia de las instalaciones fotovoltaicas.

Construcción, montaje y mantenimiento. Estructuras fotovoltaicas y el viento. Probabilidades de riesgos vs. costos de los huracanes en los sistemas fotovoltaicos. Fijaciones de las estructuras soportes fotovoltaicas. Sistemas fotovoltaicos en techos, cubiertas y suelos. Orientación de los paneles. Mantas flexibles fotovoltaicas e impermeabilización de techos. Mantenimiento de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Infraestructura de calidad de instalaciones fotovoltaicas. Normas. Relación de normas fotovoltaicas IEC en 2017.

Aplicaciones. Aisladas remotas. Aplicaciones por sectores. En techos y cubiertas vs. suelo. Conectadas a red, descentralizadas y centralizadas. Desarrollo de mayores potencias. Consumo instantáneo y diferido. Almacenamiento de energía eléctrica en baterías. Aplicaciones fotovoltaicas en el transporte. El hidrógeno y la fotovoltaica. Transporte centralizado y por almacenamiento en baterías. Evolución del transporte por almacenamiento eléctrico. Países con mayor transporte eléctrico. Pronósticos del número de automóviles eléc-

tricos. Puntos de carga y descarga. Costo del recorrido eléctrico vs. combustible. Oportunidad FV para el transporte en Cuba. Ejemplos de costos de batería. Baterías de nivel *utility*. Baterías de níquel. Baterías de níquel-hidruro metálico. Batería de níquel-hierro. Aplicaciones fotovoltaicas en la arquitectura.

Costos fotovoltaicos. El kilowatt hora fotovoltaico. Costo nivelado (LCOE). Costo evitado. Cálculo del kilowatt hora fotovoltaico. Costos duros y costos blandos. Por países. Costos de capital. Costos y precios del kilowatt hora *utility* fotovoltaico. Pronósticos hasta 2021. Costos por sectores y por potencias. Comparación de costos por tipos de fuentes de energía. Influencia de la radiación solar en el costo del kilowatt hora fotovoltaico. Recuperación de costos por reciclaje de módulos.

Desarrollo mundial. Evolución de las producciones anuales. Potencia fotovoltaica acumulada. Comportamientos exponenciales de producciones y costos fotovoltaicos. Instalaciones fotovoltaicas mundiales anuales y acumuladas. Instalaciones fotovoltaicas por países en 2017. Desarrollo fotovoltaico por sectores. De potencias menores a mayores. Plantas mayores de 4 MW. Plantas fotovoltaicas mayores del mundo. Plantas mayores en techos y cubiertas. Pronósticos de crecimientos fotovoltaicos por países. Posible integración fotovoltaica de Latinoamérica y el Caribe. Costos de capital. Alianzas extra-región.

Penetración-integración fotovoltaica en Cuba. Amenazas y retos para el desarrollo fotovoltaico en Cuba. Penetración-integración fotovoltaica. Medidas para incrementar la penetración-integración fotovoltaica. Acciones a más largo plazo. Interconexiones eléctricas de trans-

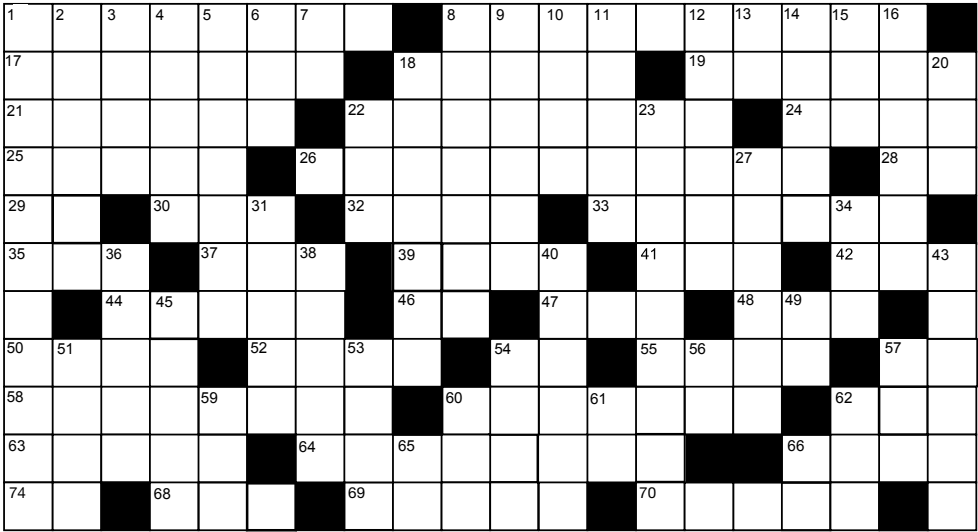
misión submarina. Sistemas fotovoltaicos espaciales. Red eléctrica mundial. Aumento de exigencias técnicas.

Financiamientos fotovoltaicos. Barreras y retos. Nivel de inversiones de las fuentes renovables de energía. Subvenciones. Alternativas de financiamiento. Contrato de compra venta. Records actuales de pagos más bajos en contratos de compra venta. Autofinanciamiento fotovoltaico. El incentivo al cliente. Costo promedio del kilowatt pico fotovoltaico. Costo del kilowatt hora de electricidad fósil. Diferencia. Incentivos para el financiamiento por autoconsumo. Autofinanciamiento fotovoltaico. Recuperación de la inversión Disminución de costos futuros y financiamientos.

Estrategia fotovoltaica en Cuba. Estrategia fotovoltaica por sectores. Comparación de sectores industrial y residencial en Cuba. El autoconsumo en las industrias. Ejemplos del potencial fotovoltaico de grandes consumidores del sector industrial en Cuba. Estrategia fotovoltaica de corto a largo plazo. Consolidaciones temporales. Estrategia hasta el año 2030. Estrategia a más largo plazo. ¿Es mucho 3000 MW FV para 2030 y 9000 MW FV para 2055? Fuentes de financiamiento para el nivel de desarrollo fotovoltaico planteado. Autofinanciamiento de las instalaciones fotovoltaicas hasta 2030 y de muy largo plazo posterior a 2030.

Conclusiones

Referencias bibliográficas. Bibliografía consultada. Artículos publicados en Boletín del Grupo Gestión del Conocimiento, de Dirección Técnica de la UNE. Lista de sitios Web relacionados con la fotovoltaica. Siglas (español/inglés). Glosario. Aceptaciones en inglés. 📄



HORIZONTALES

1. Unidad mínima de una sustancia que conserva sus propiedades químicas. **8.** Medida de longitud que equivale a la milmillonésima (10) parte del metro (pl.). **17.** Persona que profesa la alopatía. **18.** Dispositivo prefabricado. **19.** Válvula electrónica que consta de un ánodo frío y de un cátodo caldeado (pl.). **21.** Compuesto orgánico caracterizado por la presencia de un grupo carbonilo. **22.** Arteria. **24.** Sufijo. **25.** Avenida, inundación, crecida. **26.** Adhesión a la causa de otros. **28.** Símbolo químico del litio (inv.). **29.** Negación (inv.). **30.** Interjección usada para animar y aplaudir. **32.** Que no tiene órdenes clericales. **33.** Tumor. **35.** Perro. **37.** Extenso período histórico. **39.** Trigo chamorro. **41.** Asidero. **42.** Canto y baile típicos de las islas Canarias. **44.** Sitio con vegetación que se encuentra aislado en los desiertos. **46.** Símbolo químico del sodio (inv.). **47.** Sacudida violenta que hacen las bestias con las patas (inv.). **48.** Signo zodiacal. **50.** Cinco más uno. **52.** Hongo (inv.). **54.** Río de Italia. **55.** Dos más uno. **57.** Consonante repetida. **58.** Muros. **60.** Mamífero carnívoro que vive a orillas de ríos y arroyos (pl.). **62.** Extremidad inferior. **63.** De adorar (inv.). **64.** Dinero que alguien debe a una persona o entidad (inv.). **66.** Color. **67.** Debajo de. **68.** Metal precioso. **69.** Anodinos. **70.** Instrumento de caza.

VERTICALES

1. Universo. **2.** Ester de glicerina con una molécula de ácido oleico. **3.** Porción mayor o menor de pescado que se subasta. **4.** Último verso de la estancia, repetido muchas veces. **5.** Conductos. **6.** Enfermedad de úlceras faciales. **7.** Nota musical. **8.** Agujero en la ternilla de la nariz. **9.** Electrodo positivo (pl.). **10.** Limpia, pura. **11.** Radical orgánico (inv.). **12.** Tiempos. **13.** Pronombre personal. **14.** Gastado, despreciable. **15.** Composición poética del género lírico. **16.** Mamífero paquidermo que vive en los bosques de la América Meridional (inv., pl.). **18.** Tablas de madera o planchas metálicas, planas o curvas, que se fijan sobre una rueda o eje. **20.** Astro Rey. **22.** Crucífera. **23.** Pedagógica. **27.** Publicación periódica (pl.). **31.** Tierra o un campo sin cultivar ni labrar. **34.** Pronombre posesivo. **36.** Constelación (inv.). **38.** Palo para poner una bandera (pl.). **40.** Castigues. **43.** Apéndice de los artrópodos. **45.** Carne asada. **49.** Del verbo ser. **51.** Unidad monetaria de la Unión Europea. **53.** Pronombre determinado (pl). **54.** De poder. **56.** Ra: Dios del Sol en la mitología egipcia. **57.** Hermana del padre o la madre. **59.** Hogar. **60.** Preposición que denota carencia o falta de algo (inv.). **61.** Consonante repetida. **62.** Patilla metálica de un conector multipolar. **65.** Tate. **66.** Símbolo químico del cobalto.

CONVOCATORIA

XIV Taller Internacional CUBASOLAR 2020

DEL 4 AL 8 DE MAYO CIEGO DE ÁVILA, CUBA

LA SOCIEDAD CUBANA para la Promoción de las Fuentes Renovables de Energía y el Respeto Ambiental (Cubasolar) convoca a la decimocuarta edición del Taller Internacional CUBASOLAR 2020, a celebrarse en el hotel Playa Paraíso, situado en la cuarta isla más grande del archipiélago cubano, nombrada Cayo Coco, perteneciente a la provincia de Ciego de Ávila.

El evento tiene como objetivo contribuir a la construcción consciente de un sistema energético sostenible basado en las fuentes renovables de energía y el respeto ambiental, propiciar y promover el diálogo e intercambio de experiencias y prácticas entre especialistas y personas interesadas en las temáticas de energía, agua y alimentación, así como en la cooperación y la transferencia de conocimientos y tecnologías.

En el Taller se incluyen conferencias magistrales y talleres, en los que participarán autoridades de gobierno, investigadores, educadores, especialistas, gestores, empresarios, profesionales, productores, usuarios de tecnologías y demás personas que trabajan por la sostenibilidad de nuestro planeta.

Temas centrales del evento

La soberanía alimentaria y las fuentes renovables de energía.

El abasto de agua y las fuentes renovables de energía.

El turismo y las fuentes renovables de energía.

Soberanía energética, medioambiente y desarrollo local sostenible.

Educación, cultura e información energéticas para la sostenibilidad.

Curso taller

Contenido esencial del Taller será el desarrollo de cursos talleres sobre las temáticas de agua, energía y alimentación, asociadas al uso de fuentes renovables de energía, y la educación y comunicación energética y ambiental. El Curso se ofrece sin costo adicional, se acredita en coordinación con la Universidad de la provincia sede y se estructura a partir de diferentes formas organizativas que se integran como parte del programa del evento: conferencias magistrales, tres talleres y visitas de campo, favoreciendo un aprendizaje activo que permite la amplia participación y el intercambio sobre las temáticas, y el conocimiento de la experiencia cubana en el actual contexto de desarrollo social y económico del país.

TALLER 1: ENERGIZACIÓN LOCAL

Tecnologías renovables para el desarrollo local
Redes energéticas locales
Ahorro y eficiencia energética
Hábitat inclusivo, sustentable y resiliente
Programa de energía sustentable en la Estrategia de Desarrollo Municipal; autoabastecimiento energético municipal con fuentes renovables de energía (FRE).
El turismo y las fuentes renovables de energía
Comunicación y educación energéticas para la sostenibilidad

TALLER 2: MOVIMIENTOS O REDES DE BIOGÁS, AGUA Y SANEAMIENTO

Biogás como fuente renovable de energía, para pequeña, mediana y gran escalas: Incidencia en los Objetivos del Desarrollo Sostenible (OSD) y la Tarea vida
Aplicación del biol y biosol en los sistemas de producción agroecológica con FRE
Cosecha de agua y tratamiento de las aguas residuales empleando las FRE
Uso racional del agua y la energía en armonía con el medioambiente
Saneamiento ambiental y drenaje pluvial en el autoabastecimiento local
Vinculación Universidad-Sociedad-tecnología, para potenciar el empleo del biogás, reúso y la gestión del agua en los sistemas a ciclo cerrados
Promoción, comunicación, género, equidad, cultura y jóvenes profesionales, en el contexto de las redes y movimientos relacionados con los temas de biogás, agua y saneamiento ambiental

TALLER 3: ALIMENTACIÓN SOSTENIBLE: AGROECOLOGÍA, RESILIENCIA Y CONSUMO RESPONSABLE

Soberanía alimentaria y fuentes renovables de energía
Biodiversidad, agroecología y resiliencia socioecológica
Educación gastronómica y consumo responsable
Permacultura, reciclaje, conservación de alimentos y ciclos cerrados
Alimentación, salud y nutrición
Comunicación, género, equidad, educación y cultura alimentaria, en el contexto de las redes y movimientos de la alimentación buena, limpia y justa

Presentación de trabajos

Los interesados en exponer sus contribuciones al evento lo realizarán por medio de carteles, para lo cual deberán enviar por correo electrónico al Comité Organizador un resumen en idioma español, de no más de 500 palabras en formato Word, letra Arial 12 e interlineado a espacio y medio, que contenga: título, autores, país, institución, correo electrónico, objetivos, propuestas o alternativas y resultados logrados o esperados. Los resúmenes deberán enviarse antes del 15 de diciembre de 2019. La selección de los trabajos aceptados se dará a conocer a los autores antes del 15 de febrero de 2020.

Las ponencias en carteles se realizarán en un área designada para la presentación. Los carteles tendrán una superficie total que no excederá los 0,7 m de ancho x 1,0 m de largo y deberán entregarse al Comité Organizador en la oficina de acreditación de la sede del evento.

Los delegados nacionales deben dirigir sus trabajos al correo:

cubasolar2020@cubasolar.cu

Los delegados extranjeros deben visitar la página web del evento

<http://www.eventocubasolar.com>, y seguir las instrucciones de la misma para el envío de sus trabajos.

Publicación de los trabajos en extenso

El Comité Organizador publicará el trabajo en extenso de los autores que lo deseen en el Cd del evento. Los interesados deberán enviar el mismo antes del 15 de marzo de 2020, con las normas siguientes: Presentación en versión Microsoft Word, en letra Arial de 12 puntos, espacio y medio; con 2000-5000 palabras (aproximadamente, sin contar los anexos). Con las partes siguientes: Título, Datos del (los) autor (es), Resumen, Palabras clave, Introducción, Desarrollo (que puede incluir Materiales y Métodos, Resultados y Discusión), Conclusiones, Recomendaciones, Referencias o bibliografía, y Anexos (si los tuviera). De igual forma, de resultar de interés para los autores, el trabajo podrá ser evaluado para su publicación en la revista científica digital *Eco Solar* (categorizada en Latindex), y en la revista impresa *Energía y Tú*, de carácter científico popular.

Inscripción y precios

La cuota de inscripción del evento es de 260 CUC.

El precio de la inscripción otorga el derecho a participar en todas las actividades oficiales, módulo de materiales para el desarrollo de las sesiones, transportación interna a los lugares previstos del programa, certificados de asistencia y de autor en caso de presentar trabajos. No incluye lo concerniente a gastos de viaje y hospedaje, aspectos que, en el caso de los delegados extranjeros, deben ser tratados directamente con las agencias promotoras del evento.

La Agencia de Viajes Cubanacán, receptorio del evento, ofrece los servicios siguientes:

Hotel	Habitación sencilla (1 persona)	Habitación doble (2 personas)
Paraíso (4*)	1165.00	1100.00

Todos los precios anteriores están expresados en Pesos Cubanos Convertibles (CUC), referidos a 1 persona por las cuatro noches (pax) e incluyen:

Asistencia por personal de la Agencia Viajes Cubanacán a su arribo por el Aeropuerto Internacional de La Habana.

Traslado privado del Aeropuerto Internacional de La Habana al hotel del evento.

Alojamiento en Plan TI en el hotel del evento.

Traslado privado de su hotel en al Aeropuerto Internacional de La Habana para tomar su vuelo de salida de Cuba.

Asistencia en su hotel seleccionado por personal de la Agencia Viajes Cubanacán.

Con relación a los precios del alojamiento y el transporte, los delegados nacionales deben contactar directamente con el Comité Organizador.

El Comité Organizador les reitera la invitación con la certeza de que lograremos los objetivos comunes en un clima de amistad y solidaridad. Esperamos contar con su presencia.

Comité Organizador

Presidente: M. Sc. Madelaine Vázquez Gálvez

Vicepresidente: M. Sc. Ramón Acosta Álvarez

Miembros:

M. Sc. Alois Arencibia Aruca

Ing. Dolores Cepillo Méndez

Dr. C. Lorenzo Dominicó Díaz

Ing. Otto Escalona Pérez

Ing. Miguel González Royo

Dr. C. José A. Guardado Chacón

Lic. Ileana Melcón Hernández

Comité Científico-técnico

Dr. Luis Bérriz Pérez, presidente

Dra. Mayra Casas Vilardell

Dra. Leidy Casimiro Rodríguez

Dra. Dania González Couret

Dr. José Antonio Guardado Chacón

Dr. Conrado Moreno Figueredo

Dr. Abelardo Rodríguez Arias

Dr. Guillermo Saura González

Dr. Daniel Stolik Novygrad

Dra. Elena Vigil Santos

Ing. Dolores Cepillo Méndez, presidenta Comité técnico

Para más información consulte las páginas del evento:

<http://www.cubasolar.cu>
<http://www.eventocubasolar.com>

Contactos:

Presidente: Madelaine Vázquez Gálvez

Teléfonos: (53) 72062061

Móvil: (53) 53474886

madelaine@cubasolar.cu

<http://www.cubasolar.cu>

Vicepresidente: Ramón Acosta Álvarez

Teléfonos: (53) 33 22 3514

ramon@citmacav.gob.cu

Mercadotecnia y promoción:

Solways Miramar Trade Center

Edif. Santa Clara. Of. 403, Miramar, Playa, La Habana, Cuba

Ejecutiva de ventas: Yanet Bellón Landa

Teléfono: (53) 72046632, ext. 107

yanet.bellon@solways.com

Director de productos: Regino Martín Cruz

regino.cruz@solways.com

Oficina Central Viajes Cubanacán S.A

Especialista Comercial Mercado IV: Oscar López Betancourt

Tel. :(+53) 7206 9590 Ext: 248

comercial6.mercado4@avc.vin.tur.cu

RESPUESTA DEL CRUCIGRAMA

1	M	2	O	3	L	4	E	5	C	6	U	7	L	A	8	N	9	A	10	N	11	O	12	M	13	E	14	T	15	R	16	O	S																																																							
17	A	18	L	19	O	20	P	21	A	22	T	23	A	24	P	25	A	26	N	27	E	28	L	29	D	30	I	31	O	32	D	33	O	34	S																																																					
35	C	36	E	37	T	38	O	39	N	40	A	41	C	42	A	43	R	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100														
21	C	22	E	23	T	24	O	25	N	26	A	27	C	28	A	29	R	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
25	R	26	I	27	A	28	D	29	A	30	S	31	O	32	L	33	I	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100				
29	O	30	N	31	O	32	L	33	E	34	G	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100											
35	C	36	A	37	N	38	E	39	R	40	A	41	T	42	O	43	S	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100														
44	O	45	A	46	S	47	I	48	S	49	A	50	N	51	Z	52	O	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																							
50	S	51	E	52	I	53	S	54	A	55	T	56	E	57	S	58	P	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																													
55	M	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																										
63	O	64	R	65	O	66	D	67	A	68	S	69	O	70	T	71	I	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																										
65	S	66	O	67	O	68	R	69	O	70	S	71	O	72	S	73	O	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																												

DIRECTOR GENERAL
Dr. LUIS BÉRRIZ

DIRECTORA
M.Sc. MADELAINE VÁZQUEZ

EDICIÓN
M.Sc. MADELAINE VÁZQUEZ
ING. JORGE SANTAMARINA

DISEÑO Y COMPOSICIÓN
ALEJANDRO ROMERO

RELACIONES PÚBLICAS
MABEL BLANCO

CONSEJO EDITORIAL
Dr. LUIS BÉRRIZ
ING. OTTO ESCALONA
ING. DOLORES CEPILLO
ING. MIGUEL GONZÁLEZ
M.Sc. M. VÁZQUEZ

ILUSTRACIÓN
RAMIRO ZARDOYAS

ADMINISTRACIÓN
ROLANDO IBARRA

CONSEJO ASESOR
LIC. RICARDO BÉRRIZ
Dr. ALFREDO CURBELO
ING. JORGE SANTAMARINA
Dr. JOSÉ A. GUARDADO
LIC. BRUNO HENRÍQUEZ
Dr. ANTONIO SARMIENTO
DRA. ELENA VIGIL
Dr. CONRADO MORENO
DRA. DANIA GONZÁLEZ
LIC. JULIO TORRES

ENERGÍA Y TÚ, no. 88
OCT.-DIC., 2019
ISSN 1028-9925
RNPS 0597

REVISTA
 CIENTÍFICO-POPULAR
 TRIMESTRAL ARBITRADA
 DE LA SOCIEDAD CUBANA
 PARA LA PROMOCIÓN
 DE LAS FUENTES RENOVABLES
 DE ENERGÍA
 Y EL RESPETO AMBIENTAL
 (CUBASOLAR)

DIRECCIÓN
 CALLE 20, No. 4111,
 PLAYA, LA HABANA, CUBA
 TEL.: (53) 72062061

E-MAIL:
eytu@cubasolar.cu
red.solar@cubasolar.cu
<http://www.cubasolar.cu>

COLABORACIÓN
 ACID

IMPRESIÓN
 UEB: EDICIONES CARIBE

DISTRIBUCIÓN GRATUITA
 DE 9000 EJEMPLARES
 A ESTUDIANTES
 Y BIBLIOTECAS
 DE TODO EL PAÍS,
 Y MIEMBROS
 DE CUBASOLAR